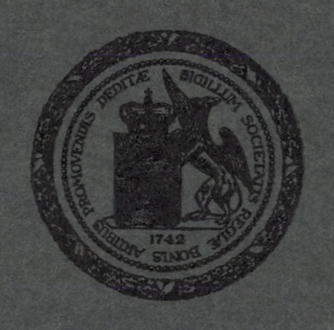
H. C. ØRSTED
NATURVIDENSKABELIGE SKRIFTER

UDGIVET

TIL MINDE OM

21. JULI 1820

VOL. I



KØBENHAVN MCMXX



H. C. Ørsted

EFTER STIK AF CHRÉTIEN. PARIS 1803

H. C. ØRSTED

NATURVIDENSKABELIGE SKRIFTER

SCIENTIFIC PAPERS

H. C. ØRSTED
SCIENTIFIC PAPERS

COLLECTED EDITION
WITH TWO ESSAYS ON HIS WORK

BY

KIRSTINE MEYER

NÉE BJERRUM



VOL. I

KIRSTINE MEYER

THE SCIENTIFIC LIFE AND WORKS OF H. C. ØRSTED

H. C. ØRSTED

SCIENTIFIC PAPERS 1797—1808

SOLD BY

ANDR. FRED. HØST & SØN

COPENHAGEN MCMXX

H. C. ØRSTED
NATURVIDENSKABELIGE SKRIFTER

SAMLET UDGAVE
MED TO AFHANDLINGER OM HANS VIRKE
VED
KIRSTINE MEYER
f. BJERRUM



I. BIND
KIRSTINE MEYER
THE SCIENTIFIC LIFE AND WORKS OF H. C. ØRSTED

H. C. ØRSTED
NATURVIDENSKABELIGE SKRIFTER 1797–1808

I KOMMISSION HOS
ANDR. FRED. HØST & SØN
KØBENHAVN MCMXX

EDITED BY
THE ROYAL DANISH SOCIETY OF SCIENCES
AND PUBLISHED AT THE EXPENSE OF THE CARLSBERG FUND

IN COMMEMORATION OF
THE HUNDREDTH ANNIVERSARY OF THE DISCOVERY OF

ELECTROMAGNETISM

ON THE 21ST JULY 1820

UDGIVET AF
DET KONGELIGE DANSKE VIDENSKABERNES SELSKAB
OG BEKOSTET AF CARLSBERGFONDET

TIL MINDE OM
HUNDREDAARSDAGEN FOR OPDAGELSEN AF

ELEKTROMAGNETISMEN

21. JULI 1820

H. H. THIELES BOGTRYKKERI

FORORD

I April 1914 samlede Gehejmekonferensraad G. A. Hagemann i sit Hjem Repræsentanter for Regering og Rigsdag samt for en Række Institutioner, hvoriblandt det kgl. danske Videnskabernes Selskab, med den Tanke, at der i Tide burde træffes de fornødne Forberedelser til paa værdig Maade at fejre den i 1920 indtræffende Hundredaarsdag for H. C. Ørsteds Opdagelse af Elektromagnetismen. Fra Videnskabernes Selskab var til Stede de tre Fysikere, Professor, Dr. med. C. Christiansen, Professor Martin Knudsen og Professor K. Prytz.

Man enedes om, at der skulde træffes Forberedelser til i Mindeaaret at afholde et festligt internationalt Stævne i København og til at udsende en Udgave af Ørsteds naturvidenskabelige Skrifter. Medens den i 1914 udbrudte Verdenskrig maatte hindre det forudsatte internationale Samarbejde, blev Forberedelsen til Udgaven fremmet. De tre nævnte Fysikere indgav i Juli 1914 et Forslag til Videnskabernes Selskab om, at dette skulde besørge Udgivelsen; Forslaget blev vedtaget, og Udgivelsen blev overdraget til et Udvalg, hvis første Formand blev nu afdøde Professor C. Christiansen.

I Juli 1914 modtog undertegnede fra Professor Christiansen paa Udvalgets Vegne Opfordring til at foretage de fornødne Forundersøgelser samt til at forfatte en Fremstilling af Ørsteds Liv. Efter nogle Aars forberedende Arbejde indsendte jeg et Forslag til den stillede Opgaves Løsning, som tiltraadtes af Professor Christiansen, og som efter hans Død godkendtes af det ovennævnte Udvalg med Professor K. Prytz som Formand. Forslaget er realiseret i det her forelagte Værk; dette indeholder:

1) En Udgave af alle H. C. Ørsteds naturvidenskabelige Skrifter, idet kun Gentagelsesafhandlinger, Lærebøger og Skrifter med rent didaktiske Formaal er udelukkede.

2) En Afhandling, »Scientific life and works of H. C. Ørsted«, hvis Formaal er at give Oplysning om hans videnskabelige Arbejdes Stilling i Forhold til Samtid og Fremtid og

3) En Afhandling, »H. C. Ørsteds Arbejdsliv i det danske Samfund«, oplyst gennem hans Virksomhed til Fremme af Naturvidenskaben i Danmark.

Ørsteds naturvidenskabelige Produktion falder i to Dele; den ene af delvis international Karakter, den anden skrevet med de hjemlige Forhold for Øje; den sidste falder atter i to Dele: hans Meddelelser i »Videnskabernes Selskabs Oversigter« og en Række Artikler i danske Tidsskrifter eller i selvstændige Afhandlinger af i Hovedsagen populær-videnskabelig Karakter.

Den første Gruppe, der væsentlig findes paa fremmede Sprog, findes kronologisk ordnede i 1. Bind og den første større Del af 2. Bind.

Alle hans Meddelelser i Videnskabernes Selskabs Oversigter findes — ligeledes kronologisk ordnede — i Slutningen af 2. Bind. De er sammenstillede for at give et Billede af hans Virksomhed indenfor Videnskabernes Selskab.

De populær-videnskabelige danske Afhandlinger findes i 3. Bind. De to ovenomtalte Skildringer af H. C. Ørsteds Liv og Arbejde findes som Indledninger til henholdsvis 1. og 3. Bind.

I de to sidste Aar har jeg haft Hr. cand. polyt. H. S. Hendriksen til Medhjælper ved Udgivelsen.

Korrekturen af de mange Afhandlinger paa fremmede Sprog er, foruden af Hr. Hendriksen og mig, læst af en Række særlig sprogkyndige; de latinske af Adjunkt, cand. mag. Frk. Thyra Eibe, de engelske af mag. art. Frk. A. J. Fausbøll, de franske af Professorinde, cand. mag. Anna Lütken, de tyske af Hr. Bibliotekar, cand. mag. Raphael Meyer.

Kun utvivlsomme Trykfejl i Originalerne er rettede; meningsforstyrrende Fejl er rettede i skarp Parentes.

Mag. art. Frk. A. J. Fausbøll har oversat den engelske Afhandling.

Videnskabernes Selskabs Redaktør, Professor, Dr. phil. Dines Andersen har overvaaget Trykningen.

Carlsbergfondet har bekostet Udgivelsen.

For den Hjælp og Velvilje, jeg fra alle Sider har mødt under Arbejdets Gang, bringer jeg herved min Tak; for Hjælp paa sproglige Omraader takker jeg, foruden mine direkte Medarbejdere, Professor, Dr. phil. A. B. Drachmann, Lektor, Dr. phil. Fru Valfrid Munch-Petersen og Dr. phil. Frk. A. Snethlage. En særlig Tak retter jeg til Professor, Dr. phil. Niels Bohr, der har gennemgaaet Manuskriptet til den engelske Indledningsafhandling og deltaget i Korrekturarbejdet med den, samt til Inspektør ved den polytekniske Læreanstalt, Hr. cand. polyt. M. C. Harding, fordi han har givet mig Lejlighed til at gøre mig bekendt med og benytte den Samling af H. C. Ørsteds Korrespondance med Videnskabsmænd, som han i flere Aar har arbejdet med, og som snart skal udkomme.

KØBENHAVN i Juni 1920.

KIRSTINE MEYER
f. BJERRUM

KIRSTINE MEYER

THE SCIENTIFIC LIFE AND WORKS OF H. C. ØRSTED

THE SCIENTIFIC LIFE AND WORKS OF H. C. ØRSTED

BY KIRSTINE MEYER.

The purpose of the present essay is to survey the scientific papers of *H. C. Ørsted* and to give an account of the conditions under which they appeared, as well as their relation to and influence upon contemporary physical science. It is hoped that in this way light will indirectly be thrown upon the personality of their eminent author.

Ørsted was born at Rudkøbing in 1777. His father was an apothecary. With his brother, *A. S. Ørsted*, who was his junior by one year, and who was later to become famous as a jurist, he received instruction of a very desultory and casual kind, but the very circumstances under which it was achieved will contribute to the understanding of his development. Their parents were so much occupied with the management of their large household and business that they placed the brothers for the greater part of the day during their early years, with a couple of »poor but very worthy citizens«,[1] a German wig-maker and his wife, who soon began to give them lessons in order to keep them employed. The wife taught them to read, the husband to speak German. Luther's catechism with *Pontoppidan's* explanations they learned by heart, they read and translated a German Bible, learned writing from German copies, and as much arithmetic as the wig-maker himself knew he taught his pupils, namely to add and to subtract.

The brothers learned easily and had excellent memories. Their desire for knowledge being only sparingly satisfied by the wig-maker and his wife, they sought other means of satisfying it. Their friends soon discovered how bright and eager to learn they were; this excited admiration and induced everybody to help them to acquive such knowledge as they themselves possessed: an older schoolfellow taught them multiplication, a friend of the family division. The burgomaster gave one brother lessons in English, the other in French. They received regular but »indifferent« instruction in Latin. Besides, »they seized with avidity all other means of gaining knowledge that presented themselves,«[2] and

[1] *H. C. Ørsted's* Autobiografi, (=Autobiogr.) *Kofod's* Konversationslexikon. Vol. 28. Kbhvn. 1828. P. 516. [2] Autobiogr. P. 517.

by reading acquired information in manifold and, for children, often strange domains. They invariably worked together so that what was learned by one was always imparted to the other. For every fresh piece of knowledge they gained their energies were stimulated and their ambition roused by the growing admiration of their friends and as, in the course of conversation, they often had an opportunity to give an account of their reading, a taste for authorship was formed. This inclination further showed itself in sermons that they wrote for their mutual edification. *H. C. Ørsted* also wrote poems. Their ability to work was at the same time more soberly employed in their father's business. Both brothers helped him in his pharmacy from their 10th and 11th year at the time that he had no assistant. The younger brother was allowed to give up this work, but *Hans Christian* continued it, and in this way gained a knowledge of chemistry and experimental work which served as a good foundation for his later studies. The wig-maker's teaching, too, may in one respect have predetermined his interests; the Key stone of this tuition was Scripture with scholastic and theological commentations, such as often induce a taste for systematic-philosophical interpretations. Already in childhood and early youth this kind of philosophical interest may be perceived in the brothers.

Thus influenced they arrived in Copenhagen in the spring of 1794 to finish their preparation for »the first academic examination« which they passed the same autumn with honours. They were accustomed to a small and humble community, to a life full of work in which learning had been their greatest pleasure and had given them their special position. The poet *Oehlenschläger* has recorded how this way of life was continued in the larger sphere. *Oehlenschläger* did not meet them until 1797. They were then leading a secluded life and always together, »in long yellow greatcoats they walked arm in arm.« »As in a dim monastic cell the *Ørsteds* sat here, grave, silent, at their studies.« »To all their fellow-students they shone resplendent like Dioscuri, and even ripe scholars soon noticed what was in them. In academical prize essays and the award of gold medals the fruits of their mind and industry appeared.«[1]

They led an unassuming life; were admitted to *Elers'* College;[2]

[1] *Oehlenschlägers* Erindringer. Vol. I. P. 136. Kbhvn. 1850.

[2] This college, which still provides free residence and a small scholarship for undergraduates and graduates of the University of Copenhagen, was founded in 1691 by *Jørgen Elers*.

dined gratuiously with an aunt, and soon began to act as tutors to candidates for the philosophical examination so that they were no burden to their father.

In their first year as undergraduates they attended *Riisbrigh's* lectures. *Riisbrigh* was the »exponent and approver of *Kant's* philosophy.« They also had other opportunities of hearing *Kant's* works expounded. They discovered at mathematical lectures that mathematics was not the puzzling mystery they had hitherto imagined. These and lectures on astronomy and physics attracted *H. C. Ørsted* to the study of science, while philosophy remained the chief interest of his brother who some years later »gave the critical philosophy in Denmark its first firm foundation.«[1] The intimate co-operation of the brothers continued, for even after they had to some degree chosen special fields, an interest in philosophy was engendered in *H. C. Ørsted* which was soon manifested in his writings and which remained with him throughout life.

H. C. Ørsted's first published work and first attempt at scientific authorship was a paper for the University Prize Competition in Esthetics for 1796 for which the prize was awarded him. His essay was published in »Minerva«.[2] His childhood's interest in poetry had developed and led to this first publication, and the same interest continued through his life and indirectly stamped the language of his scientific publications and speeches. Both in his written and oral style there is a certain elaborate elegance through which we feel his pleasure in moulding language according to his taste. This formal power and esthetic interest without doubt played a great part in his marked inclination for scientific communication. »I promised you in our last conversation to give you an account in letters of the systematic part of chemistry . . . . . I keep my promise with pleasure, both for your sake and that of science, which you know I find so much pleasure in communicating to others,«[3] he writes in 1798, and in the many lectures he gave with untiring energy in the course of his long life he had ample occasion to indulge in this »pleasure«.

Even in his first attempt at a work in the domains of science, a medical prize essay on the origin and use of the liquor amnii (1797),[4] his power of moulding language is very conspicuous,

[1] *N. M. Petersen:* Bidrag til den danske Literaturs Historie. Vol. Va. P. 139. Kbhvn. 1870.
[2] »Minerva«. Maj 1797. Kbhvn. [3] Chemical Letters 1798. This Edition (= Ed.) Vol. III. P. 3.
[4] Ed. Vol. I. P. 3.

and from the wording of the judgment[1] on this paper we feel that its style made a favourable impression on the board of examiners. The experimental part of the paper, a chemical investigation of the amniotic fluid, falls naturally into line with his other studies in this period, since in 1797 he took his pharmaceutical degree with high honours. The paper bears witness to wide reading and, as it was awarded the prize, its contents may be considered a testimony to the standard of contemporary science. After the treatment of these minor problems for the undergraduate, *Ørsted's* real, independent, scientific career began. From the very first it separated into two main currents, philosophical, and experimental; they divided his interest and his work; sometimes they ran side by side, and sometimes they united in the same work. One current might at times predominate over the other, but could never entirely suppress it. In the first period of his scientific life, when the philosophical current was predominant, he estimated the value of each experimental result mainly by its bearing on his favourite philosophical ideas. Still, in this period his experimental work had the effect of taking him back to sober ground again when Philosophy had tempted him too far into the realms of imagination; it was the study of chemistry that led him to experimental science, it was *Kant's* critical philosophy that led him into philosophical roads.

In 1798 a periodical was started entitled »Philosophisk Repertorium for Fædrelandets nyeste Litteratur«, the purpose of which was to uphold *Kant's* philosophy against its many assailants. In the course of its first year the *Ørsteds* became members of the editorial staff. The programme of the periodical contains a statement characteristic of many of *H. C. Ørsted's* reviews and critiques, namely, that the magazine will endeavour to provide »reading of independent interest« so that it may be »read with interest and advantage independently of the writings which it reviews and criticises.« In accordance with this programme *H. C. Ørsted's* many reviews, »chemical letters«, and the like, from these years, will be found to contain something more than mere accounts; through them we are able to see his own point of view towards science and philosophy and find independent remarks; therefore, in order to know his work and views it is not enough to read those of his writings which are

[1] Ed. Vol. I. P. 3.

directly designated as scientific works, we must also seek out occasional papers and semi-popular accounts. All these writings leave his study in finished style and bear the stamp of what dominates his ideas at the moment.

The Philosophical Repertorium had a sad fate and a brief existence. *H. C. Ørsted* wrote a paper for it which is not in the first volume but appeared separately in 1799 bearing the title of »Grundtræk af Naturmetaphysiken tildeels efter en ny Plan«[1] (Fundamental Features of Metaphysics, partly on a New Plan). The same subject is more elaborately treated in his thesis for the doctorate[2] from the same year. These works contain in substance a critical account of *Kant's* »Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft« with some suggestions for an improved systematology; they have acquired no lasting value; for his contemporaries they may have been of importance from their clear statement of the fundamental metaphysical problem: What is the *a priori* base of science which is the necessary presupposition of all experience, and what laws governing matter and its motion may accordingly be *a priori* deduced? That these treatises met with appreciation is seen from the fact that they were amalgamated into one volume and with some additions published in German in 1802.[3] Their editor and adaptor, *Mendel*, states in the preface that his »als scharfsinniger Denker und Gelehrter rühmlichst bekannter Freund, Herr Doktor *Ørsted* in Copenhagen«, has communicated to him several new things for this edition and that he is still working at improvements in the same field. Of course we cannot see how much in the additions to the treatise is due to *Ørsted* and how much to *Mendel*, the latter, however, says in the preface that in a letter to him *Ørsted* has expressed a wish to be judged only according to the »architectonic« alterations he has suggested in *Kant's* metaphysics, not according to the separate propositions and rubrics. Hence it is possible that an »Anhang« in the German edition is due to *Mendel*, not to *Ørsted*. This »Anhang« shows how greatly the »critical philosophy« had become opposed to its name, an attempt being here made to give an *a priori* proof that there must exist motions in nature in which a particle performs periodic revolutions round a fixed body

[1] Ed. Vol. I. P. 33. [2] Ed. Vol. I. P. 83.

[3] Ideen zu einer neuen Architektonik der Naturmetaphysik, herausgegeben von *Mendel*. Berlin 1802.

under the influence of a central force of attraction from the latter, and under the influence of the impact of particles emanating from the central body and giving tangential force. Further, from the existence of this motion the *a priori* inference is drawn that space is filled with liquid! It is not improbable that the German school of Nature philosophy is responsible for so fanciful an »Anhang«. This school of philosophy had developed with *Kant's* metaphysics as the original starting point and — to use *Ostwald's* words[1] — »ravaged Germany like a plague in the first years of the 19th century.«

Still, *Ørsted* was on his guard against the most typical representatives of this school. In 1799 he writes about two of *Schelling's* works: »These two books no doubt deserve attention for the beautiful and great ideas we find in them, but on account of the not very rigorous method by which the author intermingles empirical propositions without sufficiently distinguishing them from *a priori* propositions the book is robbed of much of its value, especially as the empirical propositions adduced are often utterly false.«[2]

If we consider what became of importance to *Ørsted's* own development from his »Kantian period«, we mainly notice two maxims in his writings of the succeeding years: 1) For a law of nature to be absolutely valid it must have an *a priori* foundation. 2) From the conception of matter it follows that any theory of atoms is illogical. Further he acquired an inclination and a capacity for systematical exposition which characterises his more considerable works for the next 10 or 15 years.

In the meanwhile, in conjunction with these philosophical interests, *Ørsted* pursued his own special study of the physical sciences, doing not merely the duty work needful to pass an excellent pharmaceutical examination. Through the means at hand he no doubt procured as extensive information as possible both theoretically and practically. As regards the pursuit of his theoretical studies, his reviews, »chemical letters«, and notices of the publications of foreign chemists in various magazines from 1798 to 1800 bear witness to his interested work in this direction. Among the rewiews and notices published in 1800 one should be specially noted, viz. a review[3] of *Fourcroy's* Chemistry adapted by *Gadolin* under the title of In-

[1] *W. Ostwald* Vorträge u. Reden. Leipzig 1904. P. 368. [2] Ed. Vol. I. P. 77. [3] Ed. Vol. III. P. 51.

troduction to Chemistry. When speaking of the classification of the bodies in chemistry *Ørsted* for the first time introduces a view which later was elaborated by him and lead him to conceive the bases and acids as belonging to the same group or series, the characteristic reactions for acidity and basisity occurring in so many different degrees that it should be possible to arrange their compounds according to these degrees, e. g. according to decreasing acidity, increasing basisity. It was a time of ferment in the science of chemistry. »When as a boy he read books on chemistry none of which were quite modern, their whole base was the phlogistic system; as a young undergraduate he became acquainted with the antiphlogistic system and was quite fascinated by it; before he was 24, however, *Volta's* great discovery, *Ritter's* brilliant works, *Winterl's* bold edifice of principles, had induced the conviction in him that the antiphlogistic doctrine could not be valid.«[1] This conviction is expressed already in the latter part of »Grundtræk af Naturmetaphysiken« (Fundamental Features of Metaphysics).

As regards experimenting he was no doubt in the main restricted to the chemical training he received in the pharmacy in connection with his studies. The university of Copenhagen was at that time only badly equipped for experimental studies. It possessed no collection of physical instruments. There were certain amateurs who owned physical apparatus, and *Ørsted* may have been able to see and perform experiments in their laboratories. The largest private collection was in the possession of Overhofmarskalk *Hauch*, but, according to his own words, *Ørsted* had no access to it while an undergraduate. In those years, however, he became acquainted with Professor *Manthey* who held the chair of chemistry from 1793 and was also the owner of the »Lion Pharmacy« where *Ørsted* may have received his pharmaceutical training.[2] At any rate in 1807 Professor *Manthey* was the owner of a valuable collection of physical instruments, and he will probably have been in possession of such a collection already in *Ørsted's* undergraduate years. As *Manthey* took a great interest in *Ørsted* and aided him in every possible way, it is not improbable that he allowed *Ørsted* to use his

[1] Autobiogr. P. 526.

[2] This would seem to appear from *Hauch's* commemorative oration on *Ørsted,* but the circumstance speaks against it that the Lion Pharmacy was burnt down in 1795 and for the first time inspected by the authorities in 1799. *Rud. Jørgensen:* Løve Apotheket i Kjøbenhavn 1620—1908. P. 11—13.

apparatus and also in this way contributed to his scientific development.

The only partly experimental work published by *Ørsted* before 1800 is the prize essay on the liquor amnii[1] where the experimental part is of a chemical nature. Not before 1800 when »*Volta* had set up his pile as a landmark between the physics of the old and the new century«,[2] do we find traces in his writings that he is taking up experimental work in physics.

From 1800 to 1801, while *Manthey* was abroad, *Ørsted* was manager of the Lion Pharmacy, and from his letters to the former we see that he had no opportunity of experimenting with the *Voltaic* pile until the beginning of 1801. In a letter dated February 23rd[3] he tells *Manthey* that he has seen *Hauch* make experiments with a battery of 600 plates of silver and zinc, and gives an account of an experiment he himself has made with a battery of 60 plates of zinc and black-lead. He published some of his results in the 1st volume of »Nyt Bibliothek for Physik, Medicin og Oekonomi«[4] (New Library for Physics, Medicine, and Economics) and tells of others in two letters[5] to *Manthey* of February 28th and May 14th 1801. As far as we can see from these casual and not very detailed remarks, *Ørsted* here from the very beginning, in what may be considered as his first work on physics, exhibited some features that characterise all his works in this field of research. He readily gets ideas for experiments and apparatus, and he often obtains a striking and significant result, but he does not follow up the matter, and so it has happened more than once that his merits have been obscured by others who either used his results as the starting point of their own researches, or overlooked them, because he did not sufficiently elaborate them.

We shall now give an account of *Ørsted's* first experimental results.

As soon as the *Voltaic* pile had become known, *Nicholson*, *Carlisle* and *Ritter* found the chemical action of its current and saw the decomposition of water into oxygen and hydrogen. By way of explaining the observed phenomenon *Ritter* then advanced the theory that water was not a compound, but that water + negative

---

[1] Ed. Vol. I. P. II. [2] Autobiogr. P. 521.

[3] Breve fra og til *Hans Christian Ørsted* udgivne af *Mathilde Ørsted*. Vol. I. P. 11. Kbhvn. 1870. (=M. Ø.) [4] Ed. Vol. I. P. 106. [5] M. Ø. Vol. I. P. 13—14.

electricity produced hydrogen, and water + positive electricity became oxygen. This theory led *Ørsted* to the following argument: the forming of hydrogen by the decomposition of a metal in dilute acid may possibly be due to the generation of negative electricity through the dissolution of the metal. Hence we should expect that galvanism might be produced by the dissolution of metals. He put this idea to the test by constructing a u-shaped tube element with a lead amalgam in the bend and one branch filled with dilute sulphuric acid; a silver wire was plunged in the acid and an iron wire connected to the amalgam. From 7 of these cells a feeble battery was obtained. He now placed a piece of zinc in each branch filled with the sulphuric acid and found that the battery acted powerfully. Hence he imagined the reason to be that while the zinc was dissolving »galvanism« was produced, whereas the real reason is no doubt that a zinc amalgam pole is produced instead of a lead amalgam pole. Here *Ørsted* touched upon the fundamental question of the cause of »galvanism«, but he did not follow up the matter. He experimented with the small battery showing it to any one who professed an interest in it, and as he gave a description of it in a treatise in a German periodical[1] it drew attention to his name; on a journey in Germany the year after he often had to show experiments with it.

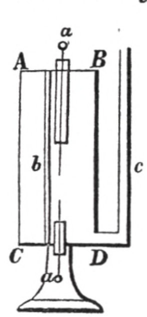
An observation in his treatise calls for further explanation.[2] He mentions his »*Voltaic* apparatus« made of plates of black-lead and zinc where the black-lead is not pure, and remarks that the thickness of the plates is not without importance. »Of this I was convinced by the fact that I obtained a greater effect with thick than with thin lead plates, and our *Abildgaard*, whose loss we must now regret, found no effect whatever from lead plates even thinner than those used by me.« If we assume that »lead plates« is an abbreviation for »black-lead« plates, the apparently strange observation becomes intelligible, the thin black-lead plates being no doubt so porous that there has been a layer of liquid between all the plates.

A very essential point was touched upon by *Ørsted* in these first experiments. He had no instrument to measure galvanism, so he constructed an apparatus for this purpose which he

[1] Ed. Vol. I. P. 106. [2] Ed. Vol. I. P. 108.

briefly refers to in the above-mentioned German periodical, and describes more fully in a letter[1] to *Manthey* of April 28th 1801.

»Its main parts are *ABCD,* a glass cylinder filled with water, *aa* 2 very thin gold wires cemented into glass tubes and able to be pushed backwards and forwards in leather without admitting the air to the interior of the cylinder, *b* a glass scale, *c* a glass tube which is not filled with water yet communicates with *ABCD.* The farther the gold wires are from one another the greater is the force required to evolve water,[2] the nearer, the less. With an exceedingly small distance between the points of the wires I got air by means of only four black-lead and lead[3] plates, although their surfaces were rather calcined. The tube *c*, to which also belongs a scale, serves to show how much air the galvanism has evolved in a certain specified time as the water in the same must of course rise in proportion. I think that by this means we shall be able to measure galvanism even more accurately than electricity.«



Another very important result was obtained from these first experiments. On May 14th 1801 *Ørsted* writes in a short letter to *Manthey*:[4] »Only this much I must tell you that I have succeeded in staining syrup of violets green by the negative and red by the positive galvanism«, and in a paper on »Fortsatte Forsøg med Galvanismen«[5] (Continued Experiments on Galvanism) in »Nyt Bibliothek for Physik« (New Library for Physics) for 1801 he makes the same statement and adds that »on shaking the colour disappears« just as when you mix a quantity of syrup of violets stained green by alkali with another that has obtained a red colour from an amount of acid proportional to it, which, as it is well known, is a consequence of the fact that alkali and acid saturate each other and neutralise each other's effect.«

Ørsted occasionally refers to one or two of the results of his galvanical experiments to which he evidently attaches some importance. In a general survey of the latest departures in physics in *Schlegel's* »Europa«[6] for 1803 he mentions that he was the first to show that the *Voltaic* pile acted in a space with rarified air, and moreover that »*Ørsted* and *Davy*« were simultaneous in finding that acids increase the conductivity of the *Voltaic* pile more than

[1] M. Ø. Vol. I. P. 13. [2] Probably a slip of the pen for »evolve air from the water.«
[3] Slip of the pen for Zn? [4] M. Ø. Vol. I. P. 14. [5] Ed. Vol. I. P. 110. [6] Ed. Vol. I. P. 111.

salts. In 1828 he calls attention in his autobiography to two important results of his galvanical experiments in 1801: »the great activity of the acids in the generation of galvanical electricity,« and the fact that »when the conductors of the *Voltaic* pile produce the same change in a coloured liquid as acid and alkali, the balance of colour returns as soon as all the parts are perfectly mixed, so that the opposite effects produced in the conductors are so proportioned as to neutralise each other exactly.«[1] It thus seems that in the course of years he had become more awake to the importance of the latter result than he was in earlier days.

When *Ørsted* did not enter more deeply into these matters, the cause is obvious. He was so overloaded with work that he could only take Sunday afternoons to »galvanise«, and in one of his letters he even complains that his experiments have come to a stop because they take too much time. In the year 1800 he had been appointed assistant lecturer in the medical faculty of the university without a salary, but with the obligation of lecturing to pharmaceutical students. As he was besides manager of the Lion Pharmacy, his duties were already onerous, but it appears from his letters to *Manthey* that in lectures and other work he did considerably more than his duty. It is of course only natural that a young man starting on his career has to take much business upon himself, but already at this stage of his life it becomes evident that *Ørsted* possessed certain qualities, valuable in themselves, but rendering him liable to accumulate a number of different tasks on his hands. His comprehensive interests, both of general and of a professional kind, to a certain degree robbed him of that strength of limitation which will take one so far in science, and more particularly in experimental science.

In the summer of 1801 *Ørsted* set out upon a journey abroad which lasted till the close of 1803. This journey was made possible to him by a grant from »*Cappel's* Travelling Legacy«, and he looked forward to it with great expectation. When in the year 1800 there was some talk of a professorship or a readership for him in the university, he wrote to *Manthey*: »According to what *Moldenhawer* says I am sure of advancement, but I hope to be able to go abroad nevertheless, I think I would rather resign my post than give up my journey.«[2] »His journey was made in a time of singular

[1] Autobiogr. P. 521. [2] M. Ø. Vol. I. P. 7.

ferment in the scientific world. The new philosophy had given the minds a new look-out and had aroused many great anticipations of a higher insight. Filled with enthusiasm for a farseeing future state in science he easily gained admittance everywhere at a time when there was so great a revolution within the sciences.«[1] Through letters to his home we may follow his route. First he travelled through western Germany to Oberweimar and thence to Berlin. He seized every opportunity of seeing and hearing about scientific matters; an unpublished diary, containing a lot of details of a chemical kind observed by him in the various places he was admitted to, shows that on the whole journey he conscientiously fulfilled the demands of the legacy »that the travelling studiosi shall pursue their chemical studies on their journey.« He visited factories, mines, and museums, attended lectures, worked in laboratories, and »galvanised.« At Göttingen he made a stay of about 10 days writing from there: »The first question asked everywhere is about galvanism. As everybody is curious to see the battery of glass tubes I have invented, I have had quite a small one made here of four glass tubes (in Copenhagen I used 30), and intend to carry it with me.«[2] By means of this battery he made many interesting acquaintances, and many people came to him to see it and copy it, but in spite of these advantages he thought he wasted too much time over it as he could not refrain from working with it when he was alone. At Göttingen he got a letter of introduction to *Ritter* and saw him on the 18th of September. »This man has made great discoveries of which only few are well known. Some of his discoveries have been published by others as their own, and therefore he is very reserved. I only succeeded in getting on friendly terms with him after some conversation.« On the 19th *Ritter* showed him »his most remarkable experiments.« »On the 20th he explained to me all the new ideas he intends to publish in due time. I found so much of genius and beauty in them that I must count this afternoon as one of the most beautiful of all my journey.« — On the 21st: »I have entered into a close friendship with Ritter — — — What I write on galvanism he will embody in his writings which are now of such importance that every chemist and physicist must read them. He is going to send me everything he writes if I send him my works

[1] Autobiogr. P. 521. [2] M. Ø. Vol. I. P. 21.

in return.«[1] Thus the foundation was laid of the great influence exerted by *Ritter's* work and theories on *Ørsted.*

From Weimar he went to Berlin where he remained about six months. Here he had ample occasion to pursue philosophical studies besides work of a physical and chemical kind. Already earlier the *Ørsteds* had been led by their interest in *Kant* to take an interest in *Fichte,* and *Hans Christian* was now glad to have an opportunity of hearing *Fichte* lecture and of making his personal acquaintance. In letters to his brother *Ørsted* gives an account both of lectures and conversations, and tells of discussions about *Fichte's* philosophy with young friends in which he defended *Fichte's* theories in debates by the hour. He also became more closely acquainted with the genuine Nature Philosophy; he heard *A. W. Schlegel's* lectures on mythology and on its influence on the poetical treatment of physics; he formed a friendship with *Friederich Schlegel* and writes in his letters about a discussion of *Schelling's* theories. »He wants to give us a complete philosophical system of physics, but without any knowledge of nature except from text-books and without possessing the same rigorousness of philosophical construction as *Kant*« ..... »These people all bring to market halting comparisons and lopsided physical theories, and then they grumble when others will not accept them. I always pester these people with *Steffens* who has seen nature with his own eyes and thought about her with his own brain.«[2] But he did not by far oppose all adherents of this school of philosophy. At a later stage of the journey he made the acquaintance of *Fr. Baader* »whose writings on Nature Philosophy are so beautiful that one would wish to make the acquaintance of the author, and often so obscure that one needs it to get the explanation.« »A man of such animation and fire is rare.« »He persistently urges that moral and physical nature are most closely connected, and that without such a connection physical science has no real value. In this he accords very closely with *Ritter* and I with both.«[3]

This philosophical influence in youth became of great importance to *Ørsted's* life work. An idea took root in his mind which he again inculcated in his disciples, and which one of them, Professor *Hansteen* at Christiania, expresses in the following manner in a letter to him in 1817: »The spirit that should emanate from the

[1] M. Ø. Vol. I, P. 24 and following. [2] M. Ø. Vol. I. P. 81—82. [3] M. Ø. Vol. I. P. 83.

whole being of the scientist should, it seems to me, be religio-poetico-philosophical; without this he does not know the end to which the sciences strive and can never be anything but a subordinate — — He who only looks with complacency at the stones he himself has fashioned, and has no sense of the beauty of the whole, he is an egotist who only wants to contemplate his own excellence in his own work.«[1]

It is from this influence in youth that a work like »Aanden i Naturen« (The Spirit in Nature) derives its origin; subjects like »Videnskaben som Religionsøvelse« (Science as a Religious Exercise), Det Skiønnes Naturlære (The Natural Philosophy of the Beautiful), and many others point directly to this source. Here we also find the fountain-head of *Ørsted's* faith in physical science as a popular educator — his belief in its connection with ethics — which made him throughout his life devote time and energy in various ways in working for the diffusion of the knowledge of nature and her laws.

In science this influence caused in him a certain predilection for forming comprehensive and vaguely formulated hypotheses, especially such as tended towards the thought of a »Unity in Nature.« Yet he saw the danger of this tendency in the field of physical science. His experimental training caused him to show some criticism on this point, but it was not sufficiently thorough to make him look critically upon such trained experimenters as *Ritter* and *Winterl* who built up their fantastic philosophical speculations on a foundation of inexact experiments or merely qualitative observations.

During his stay with *Ritter* at Oberweimar *Ørsted* refers to a book by *Winterl* which in many ways fitted in with *Ritter's* ideas, »a book full of great thoughts«, but so obscure both in language and exposition that it was not much known. In December 1801 *Ørsted* wrote to *Manthey* about it: »I read no book more diligently or with greater pleasure in my evening hours than *Winterl's* Prolusiones ad Chemiam Seculi Decimi Noni. At each fresh reading I find more harmony and genius in it. I only long to repeat some of his chief experiments, but the dreadful prejudice against it everywhere makes me somewhat cautious even in talking about it. I persuaded *Ritter* to read it, and had the pleasure of hearing his judgment coincide with mine.«[2] It evidently had *Ritter's* warm sympathy. In

[1] M. Ø. Vol. I. P. 321. [2] M. Ø. Vol. I. P. 30.

a letter from December 1801, which *Ørsted* must have received in Berlin, *Ritter* writes: »*Winterl* auf den Thron zu bringen ist ein zu wichtiges Geschäft, als dasz nicht jeder Beytrag dazu den innigsten Dank verdienen sollte.«[1] *Ørsted* made up his mind to offer such a contribution. »I am at present working at an exposition of *Winterl's* Prolusiones ad Chemiam Seculi Decimi Noni, a book rich in genius,«[2] he writes to his brother in February 1802. He had now drawn such general attention to it in conversations with chemists and physicists that he was invited to prepare an account of it for the Philomatic Society. »I am now also diligently experimenting on *Winterl's* Chemistry. — I have also formed a society for testing *Winterl's* system by experiment. It is true that I had myself already begun this, but as he has described several hundred experiments, it exceeds the power of one person to imitate them in a short time,«[3] he wrote at the same time to *Manthey* who read the book, but could not share *Ørsted's* enthusiasm for it.

By his philosophical interests *Ørsted* was predestined to accept *Winterl's* ideas, and the philosophical atmosphere in which he was living contributed naturally to render him susceptible to them. What particularly caught his interest was *Winterl's* assertion that the basis of heat and light, acids and bases, electricity and magnetism, was the same, namely the two electricities. In this way a unity and connection was given to all experience which appealed to *Ørsted's* taste for systematics, and which he believed in and founded the greater part of his writings on.

Winterl's fantastic chemistry contained many assertions which rendered it probable that *Schelling's* philosophy would extend a cordial welcome to it. Two mysterious substances, Andronia and Thelycke, played a great part in it. The former was of an acid nature and a component of all acids — this term to be taken in a much broader sense than usual; thus e. g. carbon and sulphur were acids. Thelycke was a substance found in everything that *Winterl* called bases. »Eine Andronia eine Thelycke, ein Princip der Acidität und Alkalität, welche einander neutralisieren oder zur Indifferenz bringen, gewähren die gesuchten Duplicitäten, die Konflicte und Indifferenzen wodurch das ganze Spiel des Schellingianismus besteht« writes the German chemist *Hermbstädt* in a review[4] of *Ør-*

[1] *Ritter's* still unedited letters to *Ø*. An edition of *Ørsted's* correspondence with scientists by *M. C. Harding* will soon appear. [2] M. Ø. Vol. I. P. 46. [3] M. Ø. Vol. I. P. 51. [4] Neue allgemeine deutsche Bibliothek. Vol. 88. 1804. P. 468.

sted's account of *Winterl's* book. For *Ørsted* not only undertook to give an account of *Winterl's* book in the Philomatic Society and — quite briefly — in *Schlegel's* Europa, but also to bring out an adaptation of it, which he had finished and procured a publisher for at the close of 1802. A comprehensive survey of the results arrived at in the book, in the shape of a letter to a friend, he sent to *Ritter* in order that he might get it published in *Gilbert's* »Annalen der Physik«, but *Ritter* thought it better that the letter should be published as the last chapter of the book, as he himself purposed to write something about it that might take the place of a review in a paper he was writing for *Gilbert.*

Hence the book was published under the title of »Materialien zu einer Chemie des neunzehnten Jahrhunderts«,[1] and thus it came about »that the young Danish traveller in a certain sense might be said to be the first to introduce the Hungarian chemist to the Germans.«[2]

Nearly all reviews of it unmercifully ran down *Winterl's* chemistry. It was acknowledged that it made a far better show in *Ørsted's* adaptation than in the original, but even the most friendly critics regretted that *Ørsted* had not employed his acumen in a more profitable task. In an extensive technical notice in *Trommsdorff's* Allg. chem. Bibliot. the reviewer has, however, been well aware of what — in spite of all — had roused *Ørsted's* interest. On this point he found himself enlightened by the final chapter, the above-mentioned letter. »Aus diesem Briefe scheint zu erhellen, dass vorzüglich die Einheit, welche in den Erfahrungen gebracht wird, wenn die Grundlagen der Wärme, des Lichts, der Säuren, der Basen, der Electricität und der Magnetismus einerlei sind, den Verfasser so sehr für die Theorie *Winterl's* eingenommen hat.«[3] *Hermbstädt* too, under whose guidance *Ørsted* had worked in Berlin and with whom he had been on friendly terms, treated the book very haughtily.

The book meeting with such a cool welcome among most of the experimenting chemists and physicists in the birth-place of Nature Philosophy, an even less cordial reception was only to be expected outside Germany. And we find, in fact, that a noted English chemist, *Chenevix* wrote crushing reviews of it in the three European main languages. To show the strain we quote the latter

[1] Ed. Vol. I. P. 133. [2] Autobiogr., P. 521.
[3] *Trommsd.* Allg. chem. Bibl. Erfurt 1804. P. 126.

part of the notice in Ann. de Chimie et de Physique. »Pour la gloire du dixhuitième siècle il est à espérer qu'il se hâtera de re-jetter l'offrande de M. *Ørsted* et la chemie de M. *Winterl.*«[1] *Ørsted,* by the way, incidentally replied to this review a few years later, saying that in it opinions and statements had been attributed to him which he had not expressed.

While still at work on the »Materialien«, *Ørsted* left Berlin and joined *Ritter* at Jena. He was with him »day in and day out« for three weeks, and when he was not with *Ritter,* he was working at the book, which thus came into existence under the very eyes of *Ritter.* While *Ørsted* was at Berlin he had been kept informed about *Ritter's* work by letters. *Ritter* was at that time working under better conditions than at any other period of his life. He was supported by the Duke of Gotha and had the opportunity of making experiments with a *Voltaic* pile of 600 couples, and he fully availed himself of this opportunity. From one of his letters to *Ørsted,* dated February 1802, we learn of fresh and important results of his experiments, and more particularly of dry piles which he was the first to build and investigate, and of the joining of piles in series and in parallel. *Ørsted's* interest in and admiration of *Ritter's* work was probably increased by these communications, and through personal intercourse and co-operation these feelings were no doubt strengthened. Yet his confidence in *Ritter's* results seems at times to have been shaken — at any rate he wrote many years after: »Although the experiments in which *Ørsted* took part were not especially suited to give him full confidence in the results derived from them, he relied all the more on the whole series of repeated experiments formerly made by *Ritter,* and it was not until several years later that he convinced himself of their inaccuracy by the repeated experiments of himself and others.«[2] At this period, however, he was perhaps hardly conscious of his doubts. At any rate in the early part of the year 1803 he wrote a historical survey of the most recent developments in physics in *Schlegel's* »Europa«, under the mark O., which bears the stamp of his admiration for *Ritter* and *Winterl.*[3] »Der rege Eifer, die muthvolle Verachtung wissenschaftlicher Vorurtheile und der tiefe Sinn für das Höhere . . . . zeigt

[1] Ann. de chimie et de phys. Vol. 50, Paris XII. Reprinted with additions in *Gilb.* Ann. d. Phys. Vol. 20, 1805, P. 417.

[2] Autobiogr. P. 522. [3] Ed. Vol. I. P. 112.

uns den Anfang einer neuen Schöpfung«,[1] he writes, with special reference to the two scientists whose works and theories are the main subject of the treatise.

When *Ørsted* left Jena and proceeded to Paris by roundabout routes, his connection with *Ritter* was kept up by letters. We have *Ritter's* letters to *Ørsted* from these and the succeeding years, but not *Ørsted's* to *Ritter*. The letters plainly reveal to us *Ritter's* person, his methods of work, and his development. Already the letters from 1802—03 show us his excitable, imaginative mind besides bearing witness to his conspicuous powers as an experimentalist. Shortly after *Ørsted's* departure ($^{28}/_{10}$ 1802) he writes that he feels he ought to live with some clever man so as not to get into difficulties too often. He adds: »Es wird mir alle Tage ernstlicher um die Wissenschaft, u. ich fühle zu sehr, dass ich ausser ihr ein verlorener Mann bin.« In the letters fantastic speculations and ideas alternate with accounts of excellent observations and experiments and again with the description of quite imaginary experimental results. This year *Ritter* made his most significant discovery, finding electric polarisation and constructing the first accumulator — called storage column — of copper plates and water. It is characteristic that this is mentioned in a letter containing at the same time the information that a needle, one half of which was zinc and the other silver, when suspended like a compas needle tended to set along the magnetic meridian. Besides this the letter is full of a kind of astrological forecasts, and contains an account of a balance by which he will be able to see the position of the sun and the moon, and other statements of a similar wild and whimsical kind. It is easy to understand that a young man prepossessed in *Ritter's* favour could only with difficulty separate the tares from the wheat in works so profuse in ideas, but this was just the task which presented itself to *Ørsted* during his stay in Paris.

When *Ørsted* had gained some proficiency in the French language, he made several acquaintances, and was introduced in the Philomatic Society, where he gave an account, at one or two of the society's meetings, of *Ritter's* researches and results. After he had described *Ritter's* experiments with the Voltaic pile, *Biot* asked him

---

[1] Ed. Vol. I. P. 112.

to write to *Ritter* »that the sooner he announced his discoveries of the last few years the better, as he could scarcely fail to obtain the prize of the Institute (3000 Livres).«[1] »While he was first consul, *Napoleon*, through the French Institute, offered an annual prize of 3000 francs for the most important electrical or galvanical discovery which could be considered equal in significance to *Franklin's* or *Volta's.*«[2] *Ritter's* discovery of the storage column might well seem to merit the annual prize. He composed a paper on it in his usual abstruse style asking *Ørsted* to translate it. Verbatim this was impossible. *Ørsted* quite remodelled it into a French essay which *Ritter* afterwards declared he understood better than his own. Unfortunately *Ritter* had stated that through the discovery of the storage column he had been led to another discovery of far greater importance as he had succeeded in showing that the earth had two electric as well as two magnetic poles. He stated that the uncharged storage column, when placed in a vertical position, became + electric at the bottom, ÷ electric at the top, and that this charge was most powerful when the column formed an angle of 50^0—70^0 with the horizon. This would moreover explain why the before-mentioned needle of zinc and silver took up its particular position of equilibrium. On account of this discovery *Ritter* competed for a larger prize of 60 000 francs. *Ørsted* tried to show all *Ritter's* experiments, but those relating to the discovery last mentioned were of course found incorrect. *Ritter* failed to secure the prize, but *Ørsted* gained much benefit and recognition from his endeavours to procure it for him.

Ritter's working methods are best characterised by a remark of him in a letter to *Ørsted* ($^1/_5$ 1804): »Du bist Lehrer u. Forscher zugleich, ich Forscher allein; du gehst gewissermassen ein in das Forschen; ich sehne mich nach den Resultaten.« During the work at Gotha, experimental conditions were favourable and *Ritter* was gratified by a series of beautiful results; later when working conditions were less favourable, imagination, came to the rescue and *Ritter* still obtained results. During his last years — he died in 1810 — imagination ruled absolute and the results were elating, serving to indemnify their author for the misfortunes of his life.

Part of the ideas and experiments, described by *Ritter* in his letters, show a connection with *Ørsted's* simultaneous or later re-

[1] M. Ø. Vol. I. P. 137. [2] Autobiogr. P. 524.

searches. As *Ørsted's* letters to *Ritter* are wanting, we cannot see who was primus motor in their relations or whether there was any causal connection at all. All that we can see — which is as much as we ought to expect — is that it only needs a remark from *Ørsted* to set *Ritter's* imagination aflame with »ideas«. In a letter from May 1803 *Ritter* says: »Du liebst Ideen; also aus Langeweile welche« — whereupon he sets forth a number of ideas, relating to a question about the *Lichtenberg* figures, put by *Ørsted* in a previous letter; these ideas have a certain connection with *Ørsted's* paper on »Elektriske Figurer og organiske Former«[1] (Electrical Figures and Organic Forms) published in 1805, the most fantastic thing, probably, which *Ørsted* ever wrote.

In the same letter of May 1803 *Ritter* writes about oscillations: »Seitdem ich so in die Geschichte vertieft bin, u. überall Perioden . . . . . erblicke, hat Oscillation für mich eine hohe Bedeutung, und die häufigen Versuche alles auf Schwingung zu reduciren, werden lehrreich. Aller Sinnesempfindung liegt Oscillation zum Grunde . . . In aller Zustandsänderung ist Oscillation begründet. Jeder chemische Process kommt vom Maximum der Oscillation durch allmäliges Verschwimmen derselben zum Product . . . Kurz überall, wo nur etwas geschieht, geschieht es auch nothwendig oscillatorisch.« . . .

As during the following years we find *Ørsted* occupied with the oscillations causing acoustical figures, the above passage by *Ritter* may possibly have been inspired by *Ørsted's* account of the first steps in these experiments, though of course the reverse may also have been the case, one of *Ritter's* many ideas may have found congenial soil in *Ørsted's* mind. *Ørsted's* thoughts also turned on the oscillatory propagation of electricity, and he first set forth his ideas on this subject in 1806. While *Ørsted* always keeps fairly within sight of the scientific hypothesis in his writings, *Ritter* soars into the realms of imagination and incidentally pronounces a remarkable prophecy. In his letter of May 1803 he contends that earthly things are dependent on periodical celestial phenomena, and finds that the years of maximum inclination of the ecliptic are also the years in which important electrical discoveries are made. He exemplifies this by the following list: —

[1] Ed. Vol. III.

Jahre des Max. der Schiefe der Ecliptik.	1745 $^1/_3$	Erfindung der *Kleist*schen Flasche 1745 (verschiedene).
	1764	Electrophor 1764 *(Wilcke).*
	1782 $^2/_3$	Condensator 1783 *(Volta).*
	1801 $^1/_3$	Volt-Säule 1800 *(Volta).*

»Du wirst also nicht eher auf eine neue Epoche, oder deren Anfang als im Jahre 1819 $^2/_3$ oder 1820 zu rechnen haben. Die erleben wir also wohl noch.« Strange indeed, that *Ørsted* was not only to see the prophecy fulfilled but was himself to fulfil it.

In this period it is often evident — in particular from the letters — how *Ritter* elaborates *Ørsted's* comparatively sober results and remarks. When *Ørsted*, by the aid of *Ritter,* had got his first paper on acoustical figures[1] published in *Voigt's* Magazine, *Ritter* added »eine lange Nachschrift . . . . die hoffentl. sagen wird, was Du eigentl. hast alles sagen wollen . . .«[2] The postscript contains quite a theory about the generation of electricity by oscillations in solid bodies, due to the stretching and bending which these oscillations give rise to.

Another letter[3] affords us an amusing glimpse of the fact that the tendency with which *Ørsted* had associated himself was not accepted without criticism in the German world of science. *Ørsted* had evidently written to *Ritter* to ask his advice about the publication of his paper on acoustical figures when it was finished. *Ritter* answers: »Mit dem Platz für deine vorgenommenen Abhandlung bin ich etwas verlegen . . . . *Gilbert* ist auf die schlechteste Art orthodox. Für meine Heterodoxien weiss ich noch immer nichts bessers, als den *Voigt.* Der liest's doch nicht, ehe er's in die Druckerey giebt, u. wenn er's auch läse, so glaubt er doch an die Dreyeinigkeit.«

Ritter had many conjectures on subjects which had formerly occupied *Ørsted's* thoughts and which play an important part in his later production, such as the classification or arrangement of the substances in groups and series. Finally magnetism was a constant subject of speculation to *Ritter*, more especially the connection between magnetism and other activities of nature, and thus *Ørsted* was early led to ponder over this matter.

We have seen how *Ørsted's* production during his stay abroad and the intimacies he formed gave him officially the stamp of being

[1] Ed. Vol. I, P. 261. [2] R. to Ø. $^{20}/_{11}$ 1804. [3] R. to Ø. $^{3}/_{2}$ 1805.

closely associated with the philosophical school of physical science. This was detrimental to him in his own country, hampering his career to some extent, and it delayed his recognition by experimentalists. As late as 1819 *Berzelius* said to *Zeise* that 15 years ago *Ørsted's* ideas were disfigured by extravagance but now he had emancipated himself. It is apparent from *Ørsted's* letters how he felt that the epithet »Naturphilosoph« did him harm. His friend *Manthey* tried to create the impression, though for some time without success, that *Ørsted's* interests were not only philosophical, but practical and experimental.

Ørsted returned to Denmark in January 1804 and expected and hoped to obtain the professorship in physics, the duties of which, since the last occupant's death, had been temporarily discharged by the professor of astronomy. But the warden of the university believed him to be more of a philosopher than a physicist and on that account would not nominate him. In the course of the year reports of the unfavourable critiques on the »Materialien« found their way home. There is, e. g., a letter from *Engelstoft*,[1] who was staying at Paris, to Professor *Nyerup*, in which he says: »A piece of literary news may interest you, but I do not exactly care for it to be said that I have sent it home. Dr. *Ørsted*, the chemist, had translated a German chemical book and written an awfully laudatory preface to it. This chemical book and its preface have been unmercifully criticised in an English journal by one of the leading English chemists who at the same time gives a plain exposition of the whole philosophy of *Schlegel* and compeers, that is, in so far as it can be explained in intelligible words, for the said book is such nonsense from one end to the other, entirely couched in the very latest, most mystical, terminology. The said English review has now been published in the Annales de Chimie with notes by the famous French chemist *Guyton-Morveau*, who has thus finally made the whole thing ridiculous to all the world. Whatever will *Ørsted* say! The worst of it is that there is no need either of profound chemical insight or great genius, but only mere common sense, to see with half an eye what nonsense it is. Amongst others the following two sentences, they say, are to be found in this same book so highly lauded by *Ørsted:* l'architecture est une musique congelée, and: les dieux de la mythologi ne sont que de cristallisations intellec-

[1] Udvalg af *Engelstoft's* Skrifter, Vol. 3, Kjøbhvn. 1862. P. 318.

tuelles (for the book also contains much theology, mythology, etc., according to what I learn).«

The tone, it must be admitted, is somewhat spiteful, and the same note was sounded elsewhere. Thus when *Ørsted* had reviewed »Elektricitetslære grundet paa Erfaringer og Forsøg«[1] (Textbook of Electricity founded on Experience and Experiments) by *Friederich Saxtorph*, the author replied by an anti-criticism[2] in an unpleasant strain, taxing *Ørsted* amongst other things with his propensity for Nature Philosophy and his predilection for *Ritter.*

Ørsted, however, did not own himself defeated. We see this from an invitation to a course of lectures issued by him in 1804.[3] In this he commended the connection of philosophy with physics, calling attention to the peculiar interest physics thereby acquires for the scientist and giving this as a ground for his invitation. Both this and later calls resulted in crowded halls. »Deine Vorlesungen möchte ich wohl mitgehört haben, obgleich wie mir *Willemoes* erzählte, ich kaum ins Auditorium gekonnt hätte,« wrote *Ritter* on the 4th of August 1804. *Ørsted's* pleasure in communicating his knowledge, his enthusiasm for his subject, in addition to the experience of lecturing and experimenting gained in such ample measure in his travels, thus helped to procure for him and his scientific aims an amount of sympathy and interest sufficient to counteract the opposition he encountered.

In the first year after his return three articles[4] contributed to the publications of the Scandinavian Literary Society showed *Ritter's* and *Winterl's* influence still dominant in him, and another paper, a criticism of the so-called eudiometry,[5] made it evident that he still regarded *Lavoisier's* school with disfavour. But in the same year the letter already alluded to shows him more soberly occupied with the acoustical figures, while a treatise in 1806, »Versuche veranlast durch einige Stelle in *Winterl's* Schriften,«[6] informs us that his belief in »Andronia« and »Thelycke« has suffered a serious shock through the negative result of his attempts to find Andronia. At any rate the theoretico-chemical paper of the same year entitled »Die Reihe der Säuren und Basen«[7] takes no notice of these sub-

[1] Ed. Vol. III.
[2] Tillæg til Kbhvns. lærde Efterr. 1805. P. 1—14. Answer. P. 14—16. (Ed. Vol. III.)
[3] Ed. Vol. III. [4] Ed. Vol. III. [5] Ed. Vol. I. P. 248.
[6] Ed. Vol. I. P. 277. [7] Ed. Vol. I. P. 289.

stances. In this paper, which is based on *Winterl's* idea that the two electricities are principles of acidity and basisity, *Ørsted* develops the view already previously advanced by him, that the two sorts of chemical compounds belong to the same group. Both this and a shorter paper[1] on the undulatory propagation of electricity, to which he himself attached much weight, are the precursors of a larger theoretico-chemical essay in 1812 to which we shall return later.

The large attendance at his lectures and his fertility as an author at last procured for him an extraordinary professorship in 1806.

In 1807 his production was continued with »Betragtninger over Kemiens Historie«[2] (Reflections on the History of Chemistry) which appeared both in Danish and German after a series of lectures delivered before a numerous audience in the beginning of the winter of 1805—06. About this paper he wrote in his autobiography that in spite of its many imperfections he regarded it with a certain predilection because of its intimate association with his scientific life. He describes the many alternating chemical theories he had lived to see and asks himself, »Is there a permanent truth in the midst of all this change?«[3] . . . . . As an answer to this question he tried to show »that every theory which had been adopted by philosophers involved a contemplation of the connection of things, and a certain knowledge of the laws of nature, that is, of the reason in nature. This element of truth, he thought, we rarely succeed in giving an expression so pure and free from alloy that it can pass from age to age without needing correction of form, but neither the individuals nor the ages can be held accountable for this, it must be explained by the higher laws governing the development of mental life on earth.«[4] How deeply rooted these opinions were in *Ørsted's* mind may be seen from the fact that this paper was reprinted with hardly any alterations in 1844.

In the years following 1807 *Ørsted's* confidence in *Winterl's* researches was evidently shaken, and a decrease of *Ritter's* influence may be traced, partly from the gradual decline of *Ørsted's* contribution to their correspondence — of which *Ritter* complains in the letters — and partly by the letters showing *Ritter's* mental collapse.

Although the *Winterl-Ritter* period of *Ørsted's* life harmed his prospects and led him into alien paths from which he was eventually

[1] Ed. Vol. I. P. 267. [2] Ed. Vol. I. P. 315. [3] Autobiogr. P. 527. [4] l. c. P. 527.

obliged to return, he never looked back upon it with regret or with bitterness against his prototypes. He remained *Ritter's* friend until the death of the latter in 1810, though not blind to the fact that he was a broken man during his last years. About *Winterl* and his system *Ørsted* wrote in 1828 »*Winterl* was a man of great ideas but without any acute perception of detail. His experiments, if we may so call them, are without worth, but his far-seeing mind had perceived the same connection in the mass of chemical knowledge at hand, as the galvanical discoveries showed other chemists. His system is really the same as the one now called the electro-chemical system, only that in part it is more comprehensive and in part has many excrescences. Some chemists, indeed, do not admit that the electro-chemical system existed before certain conclusive experiments by which it was, as it were, forced upon the attention of all experimentalists, but this laboratory opinion does not hold outside the workshop. The publication of a new thought is just as much an event as the publication of a new experiment, nay, the latter only obtains its importance, which may be very great or very small, through its relation to the world of thought.«[1] These remarks are characteristic, partly by showing the mature man's criticism of a youthful ideal, partly by their evidence as to the influences of youth.

The first important experimental work from the hand of *Ørsted* was among the publications of the Royal Society of Sciences for the year 1807 — published 1810 — and bore the title »Forsøg over Klangfigurer«[2] (Experiments on Acoustical Figures). It obtained the Society's silver medal on the 18th of February 1808 and was published in German in *Gehlen's* »Journal für die Chemie and Physik« in 1809. Its precursor was the before-mentioned letter from *Ørsted* to *Ritter* »*Chladnis* Klangfiguren in elektrischer Hinsicht betreffend« dated October 5th 1804 and published in *Voigt's* Magazine (1805).

The paper was based on several hundred experiments on acoustical figures produced on square plates of glass or metal, a few of them on circular plates. While *Chladni* used sand to make the acoustical figures visible, *Ørsted* employed lycopodium in most of his experiments, and with this finer powder the figures showed somewhat differently. *Ørsted's* reason for taking up this work ap-

[1] Autobiogr. P. 523. [2] Ed. Vol. II. P. 11.

pears from the letter of 1804. He expected to discover electrical effects due to the oscillations causing the acoustical figures, and he supposed that the accumulation of electricity in the different parts of the vibrating plates would be observable by the lycopodium becoming electric on being sifted out and thus presumably seeking just those parts of the plate which had the opposite electricity. *Ørsted* was of opinion that electricity in great quantity and of slight tension is not conducted; he inferred this from the electric charges arising from contact between different metals, and he therefore considered it possible that even on an oscillating metal plate there may be different electricities in different places. Hence, when he expected a generation of electricity from the vibrations, he was no doubt influenced by *Ritter's* and his own ideas about the universal importance of electricity in physical phenomena, and by *Ritter's* experiments on the relation of electricity to the sense organs.

As soon as *Ørsted* made the acoustical experiments with lycopodium, he became aware of certain phenomena which he supposed might afford an important insight into the mechanism of the production of a tone, and hence the main treatise gives an account of the many experiments carried out in order to clear up this matter. It deals with four different problems. First *Ørsted* examines the shape of the boundary lines between the vibrating and the quiescent parts of the plate. Through neat experiments and a series of careful measurements they are found to be hyperbola with the nodal lines for asymptotes, and it is then attempted to prove theoretically that the boundary lines in general must be conic sections and that, with the shape of plate here used, they may be expected to be just hyperbola. The second chief subject investigated is a series of minor motions in the plate which are revealed by the lycopodium, and which exist simultaneously with the large motions marked by the nodal lines. In particular it is remarkable that small heaps of lycopodium accumulate where the vibration is greatest. *Chladni* had observed that fine dust was apt to accumulate in these places[1] but did not go further into the matter. *Ørsted* studied and described these minor motions of the dust for different ways of evoking vibrations in the plate, viz: by knocking a point of the edge, by striking the whole side line, by applying a violin bow etc. On the results of these experiments he built up a

[1] Die Akustik von *E. Chladni*. Leipzig 1802 P. 120.

theory about the propagation of vibrations in solids professing to explain the propagation of the motion from the place where the bow is applied through the quiescent to the vibrating parts. The explanation is not very clear and is of no value, but in the letter of 1804 *Ørsted* sets forth an idea of importance in relation to the appearance of these minor oscillations, a thought which is repeated in the treatise though not so clearly expressed. He says that these minor motions show that every sonorous oscillation is composed of a number of minor oscillations. »Hence the nature of each tone seems to be more dependent on the relation between the subordinate oscillations and the main oscillation than on the mere number of the main oscillations. Each tone thus seems to be an organisation of oscillations.«[1]

These first two sections are the valuable part of the treatise and their importance is seen from the treatment to which especially *Savart* and *Faraday* submitted the same subjects about 20 years later. *Strehlke*[2] found the hyperbolic form of the dust lines in 1825, and a couple of years later *Savart*[3] investigated the behaviour of vibrating plates in the same way as *Ørsted* had done. He, too, saw that the lycopodium may set outside the usual nodal lines. He gave a detailed description of the facts in regard to circular plates, coming to the same result as *Ørsted* and explaining it in a similar way, it being his opinion that through this result we may demonstrate oscillations which offer information about the overtones that determine the timbre of the plate.

While *Savart* does not mention *Ørsted's* paper it was, on the other hand, referred to by *Faraday* who took up the question for definite determination in 1831.[4] He only mentions *Ørsted's* paper incidentally, however, his enquiry having been caused by *Savart's.*

Faraday cites *Savart's* above-mentioned result and says, »A secondary mode of division subordinate to the principal as to be always superposed by it, might have great influence in reasonings upon other points in the philosophy of vibrating plates; to prove its existence therefore is an important matter. But its existence being assumed and supported by such high authority as the name of *Savart*, to prove its non-existence supposing it without foundation is of

[1] Ed. Vol. I. P. 261. [2] *Poggend.* Ann. Vol. 4. 1825. P. 205.
[3] Ann. de Chimie et de Phys. Vol. 36. P. 187 & 257, Paris 1827.
[4] Philosophical Transactions. Vol. 121. P. 249. London 1831.

equal consequence.«[1] This was just *Faraday's* purpose. First he exactly describes a series of experiments with vibrating plates where lycopodium or some other light powder is used. Its liability to form accumulations of »heaps« in the vibrating places is investigated together with the motions in the small heaps. His observations here accord with *Ørsted's*. Next *Faraday* shows that the shape of the accumulations is altered by small paper screens on the plates, though these cannot change the vibrations. From a number of systematically arranged experiments he concludes that the accumulation of the light dust in certain places does not mean any secondary division of the plate according to overtones, but is only due to currents of air passing over the plate in motion. That this interpretation is the right one he demonstrates by producing vibrations of the plates in a vacuum, the acoustical figures then prove the same whether heavier or lighter powders are used.

The third chief point of *Ørsted's* enquiry deals with the possibility of producing electricity during the vibrations. He observed that directly, by the electrometer, such production could not be demonstrated, and he realised that the method of showing the distribution of the electricity by the electrified powder, which he had first trusted would take him to the goal, had also failed, since he found that different powders, though assuming opposite electricities when sprinkled out, set quite similarly. But he observed a phenomenon which he supposed to be caused by electric action. He states that the dust adhered most to the plate in the »dust lines«, i. e. the boundary lines between the quiescent and the vibrating parts. If an acoustical figure has been produced on a horizontal plate and this plate is turned face downwards and tapped lightly with the palm of the hand, the dust will fall off from all places except the dust lines. He thought this was due to an electric binding of the dust in these lines. To explain this generation of electricity he resorted to the same line of argument which he had applied in explaining the propagation of the vibrations, and he himself attached considerable weight to it. The main idea is best understood if we imagine a square disc stroked down the middle of one side and held at the corners, so that the nodal lines become diagonals. By these the disc is divided into 4 triangular surfaces. Each of these is imagined to be composed of parallel strings of decreasing

[1] Phil. Transact. Vol. 121. P. 249.

length from edge to middle. The motion is propagated, but with decreasing oscillation, from the farthest string to that nearest the middle, *Ørsted* now took it for granted that, if the velocity of the strings decreased on passing from the longer to the shorter strings, a certain internal velocity would increase. Through this intense internal motion he supposed electricity to be generated. »Might it not be possible that the external oscillatory motion, changed into a penetrating internal motion, passed also from a mere mechanical motion into a generation of force?« In such an utterance one may perhaps perceive a vague anticipation of the principle of the Conservation of Energy. On the basis of the conception here sketched he explained the adherence of the dust to the dust lines in a very elaborate way.

The fourth and last subject is philosophical. *Ritter's* views on the generation of electricity through sound vibrations are mentioned, as well as his theory that light which acts on the eye is due to vibrations just like sound which acts on the ear, only that the light vibrations are much quicker — slowest in the rays giving the impression of blue, quickest in the red rays. Finally there is an oratorical conclusion about the »profound incomprehensible reason of nature which speaks to us through the flow of music.«

One branch of *Ørsted's* philosophical production is closely connected with this conclusion. The first part of his »Bidrag til det Skjønnes Naturlære« (A Contribution to the Natural Philosophy of the Beautiful) is founded directly on it. It appeared in the Publications of the Scandinavian Society, vol. VII, 1808, under the title »Om Grunden til den Fornøjelse Tonerne frembringe« (On the Cause of the Pleasure Produced by Music). In this paper he praises the beauty of the acoustical figures and seeks the cause of this impression on the senses in the fact that they are an expression of the »reason in nature«. *Vilh. Andersen* has pointed out[1] how *Ørsted's* predilection for experiments on acoustical figures is reflected in his circle during this period. He must have shown these experiments to many people, probably praising their beauty. *Søren Kierkegaard* writes in a letter that *Ørsted's* face had always seemed to him like a sonorous figure to which nature had applied her bow in just the right way; »*Hauch* in his biography compared his life

[1] *Vilh. Andersen:* Tider og Typer af Dansk Aands Historie. Goethe II. P. 111. København 1916.

to a mighty sonorous figure, *Eckersberg* painted him with the glass plate in his hand.«[1]

In some occasional verses (written to a young student) *Ørsted* compared the study of the physical sciences to an acoustical figure.[2] *Oehlenschläger*, too, saw his experiments; in »Aladdin« he lets Noureddin as »Nature's Researcher« perform them.

Hence we see that »Forsøg over Klangfigurer« was of great significance to *Ørsted*. As already mentioned the treatise brought him the silver medal from the Society of Sciences and at the same time admission as a member of the Society in November 1808. In March 1809 he was elected corresponding member of the Academy of Sciences at Munich in consequence of his paper on sonorous figures in *Gehlen's* Journal.

The performance of so many experiments for definite purposes trained *Ørsted* in the art of experimenting and observation, and thus we see that his descriptions of experiments agree well with those of such skilled experimenters as *Savart* and *Faraday*. In home circles this work enhanced his reputation as an experimentalist and a natural philosopher of exceptional power, but its philosophical cast was detrimental to his treatise regarded as a work on physics and partly concealed its importance to those who took up the work later on. For it cannot be denied that the arguments employed in various places, especially to explain the generation of electricity, bear the stamp of being adapted so as to agree with a previously given result and of building not so much on mathematically or experimentally grounded facts as on hypotheses intuitively advanced. To French and English scientists, in particular, who were not infected with the phraseology of the German school of Nature Philosophy, the form must have been distasteful.

In *Gehlen's* Journal for 1808 there is a short letter from *Ørsted* to *Ritter* dated September 3rd 1808.[3] This letter opens with a remark about some damage caused to *Ørsted* through the fire of Copenhagen during the bombardment in 1807; a larger text-book on physics, the composition of which had been followed by *Ritter* with much helpful interest, was just going through the press when the printed part was burnt during the siege; the printing was however begun again in 1808. The letter further deals with some

[1] *Vilh. Andersen:* Tider og Typer. *H. C. Ørsted.*

[2] *H. C. Ørsted's* Saml. og efterladte Skrifter. Kbhvn. 1851. Vol. 4. P. 20. [3] Ed. Vol. I. P. 344.

electrostatical experiments on which he had been engaged for a year and through which he had some time ago found the law, just made public by the name of »*Simon's* law«, and which states that »the effect of electricity decreases as the inverse distance, not as the inverse square of the distance.« He was now occupied with some consequences of this law and was trying to demonstrate some imperfections in *Coulomb's* electrometer. *Ritter* has added some remarks to the letter showing its real meaning and the purport of *Simon's* law. The question is about the deflections of an electrometer which has been connected to the plate of an electrophorus when the sole is charged, and the cake has various thicknesses. It is this deflection which is said to vary inversely as the distance i. e. as the thickness of the cake. *Ritter* claimed that on a visit to *Volta* this result had been shown and communicated to him by the latter, and that his own mention of it on his return had caused *Simon's* researches. For this reason *Ørsted* in his letter quoted *Volta's* name by the side of *Simon's* in connection with this result which he seemed to consider as opposed to *Coulomb's* law, which, however, as we know, is not the case.

In 1809 the printing of the above-mentioned text-book was finished and it obtained the title »Videnskaben om Naturens almindelige Love. Første Bind.« (The Science of the General Laws of Nature. First Volume.). It related to the science of mechanics. The second volume was to have dealt with other parts of physical science but was never finished. »The continuation, namely, the chemical part, was interrupted by a journey, and later stopped by the great advance made by Science every year, which continually pointed to considerable and very essential gaps which he partly sought to fill up by independent investigations,« writes *Ørsted* in 1828.[1] Another and equally essential reason will no doubt have been *Ørsted's* increasing engrossment in teaching and public duties. We have drafts for the continuation of the text-book, partly in booklets printed for his classes, partly in unfinished manuscripts, notes for lectures, fair copies of such by students, all of which are found among *Ørsted's* posthumous papers, but there was never time to recast the numerous drafts into one. We find many indications of *Ørsted's* busy life from this time onwards. In his writings we often find remarks about investigations he was engaged on which would soon be finished and the results of which he in-

[1] Autobiogr. P. 529.

tended to publish as early as possible. But the publication never took place, there were evidently many things to prevent it. Thus, in the letter already referred to, he says that his electrostatic experiments have occupied him for a year and will now soon be finished and published, but this was never done though the work was not relinquished. In 1814—15 he read a paper on researches of this kind before the Society of Sciences; he intended to complete them during the coming winter but did not manage to carry out his purpose. The same experiments are mentioned in a letter from him to *Schweigger's* Journal in the same year. They are concerned with the validity of *Coulomb's* law tried with *Coulomb's* torsion balance, and seemed to him to show that the law does not hold.

In the preface[1] to the text-book he states his intention of publishing annually a brief description of recent discoveries, as supplements to the book, so as to keep it up to date, and further that he is at work on a German translation »with the alterations which are necessary on transplanting a book from one literature to another« — none of these purposes was ever realised. The book opens with a characteristic »Nature Philosophy« introduction which was enlarged and reprinted in 1811 under the title »Indledning til den almindelige Naturlære«[2] (Introduction to General Natural Philosophy). The preface informs us precisely how onerous were *Ørsted's* duties as a teacher. They consisted not only in instructing students of various kinds in the first elements of his science but also involved the task of keeping advanced students informed of the progress of theoretical and experimental science. Through oral delivery then, he redeemed his promise of enabling the readers of his book to keep abreast of the latest departures in science with which he kept in touch in spite of his extensive duties.

From May 1812 till the summer of 1813 *Ørsted* was abroad, mostly in Berlin and Paris, and »derived considerable benefit« from his experience there. On this journey he managed to procure the time to prepare an important work for which he carried the material of several years with him. Among this was a paper on the theory of chemistry which he had read before the Society of Sciences in 1810—11. This paper he lent to Geheime-Statsraad *Niebuhr* after some conversations between them about the theories of chemical science. *Niebuhr* »very warmly advised *Ørsted* to publish

[1] Ed. Vol. III. [2] Ed. Vol. III.

this paper in German, and procured a publisher for it.«[1] *Ørsted* did not restrict himself to the publication of this only, but, out of several papers he had brought with him, in 10 weeks compiled a book of 18 sheets which he brought out under the title »Ansicht der chemischen Naturgesetze«[2] and which passed through the press by the close of 1812. It states *Ørsted's* chemical theory, the first germ of which he traced back to his undergraduate days; he describes how the same subjects attracted his attention in his early years and points out that a trace of his present opinions may be found in a review,[3] printed in 1800, written in 1799, of *Gadolin's* adaptation of *Fourcroy's* Chemistry, where he proposes the same classification of certain chemical compounds as in the present work. Already in the works following upon *Galvani's* and *Volta's* first discoveries *Ritter* had put forward the idea of the identity of chemical and electrical forces, and the same idea was suggested to *Winterl* by the ordinary chemical and electrical phenomena. This idea appealed to *Ørsted.* The Voltaic pile and the subsequent discovery of the chemical effects of the current rendered the correctness of the notion more probable. *Ørsted's* confidence in the scientists who had advanced it grew, and his interest in and work for the diffusion of the knowledge of *Ritter's* and *Winterl's* ideas leading to his production of the »Materialien« was inspired by this confidence.

We find the same thoughts in small papers from 1805, especially in »Nyere Undersøgelser over det Spørgsmaal: Hvad er Chemie?«[4] (Recent Investigations concerning the Question: What is Chemistry?) It contains remarks which represent the mentioned ideas as established facts. »What else are the chemical forces but the opposite electricities?« .... »The same forces manifest themselves in magnetism as in electricity..... All forces in nature may be reduced to these two.« Further we have material for the book in papers from 1806: »Ueber die Art wie sich die Electricität fortpflanzt,«[5] »Die Reihe der Säuren und Basen,«[6] likewise in »Betrachtungen über die Geschichte der Chemie«,[7] in the paper submitted to the Society of Sciences in 1810—11 on the theory of chemistry which, however, was not printed, and in »Indledningen til den almindelige Naturlære«[8] 1811. Finally, in »Ansicht der chemischen Naturgesetze«,[9] we may observe traces of the *Kant*ian influence from *Ørsted's* early

[1] Autobiogr. P. 530. [2] Ed. Vol. II. P. 35. [3] Ed. Vol. III. P. 51. [4] Ed. Vol. III. P. 105. [5] Ed. Vol. I. P. 267. [6] Ed. Vol. I. P. 289. [7] Ed. Vol. I. P. 315. [8] Ed. Vol. III. [9] Ed. Vol. II. P. 35.

youth, partly in the systematics, and partly in the assertion of the fundamental principle, — »the dynamical conception« — that the existence of matter is dependent on two fundamental forces, a repelling and an attracting force.

For the rest, during the past years, *Ørsted* had emancipated himself from German philosophy and created his own. When at Berlin in 1812, he derived no pleasure from the meeting with *Schleiermacher*, and about *Fichte* he wrote: »I have not been to see him very often, for owing to the difference of our views, especially on nature, no very comprehensive communication can take place between us.«[1] *Hauch* in his Life of *Ørsted* quotes a remark of his from about 1810 showing a change in his views on the value of general ideas when the foundation of facts is wanting: »It is also my firm conviction . . . that a great fundamental unity permeates all nature, but just when we have become convinced of this, it is doubly necessary that we turn our attention to the world of the manifold where this truth will find its only corroboration. If we do not, unity itself becomes a barren and empty thought leading to no true insight.«[2] It was thus only natural that he should cast off the influence of *Ritter* and *Winterl.* He expressed his appreciation especially of *Ritter's* genius but added: »Malgré l'estime que l'auteur avait conçue du génie de *Ritter* et de *Winterl,* il a cependant senti la nécessité de s'éloigner, à plusieurs égards, de leurs opinions.«[3] He had worked out an independent theory by himself though profiting all the time by the great ideas of these scientists. »On trouvera aussi que, quels que soient ses raisonnemens, il ne les a jamais fondés sur des faits douteux qui ont souvent été trop facilement adoptés par ces deux physiciens, et qu'il a évité en grande partie l'obscurité qu'avait répandue sur leurs écrits une méthode trop compliquée.«[4]

From this statement it will be seen that »Ansicht der chemischen Naturgesetze« fills an interesting place in *Ørsted's* production, as it shows the result of about 18 years' development in his scientific life, a development the root and growth of which we have been able to trace.

When *Ørsted* came to Paris at the close of 1812 he received the offer of the publication of a French translation of his book by *Marcel de Serres.* He himself took part in the translation or adap-

[1] M. Ø. Vol. I. P. 298.
[2] Saml. og efterl. Skrifter. Vol. 9. P. 120. Kbhvn. 1852.
[3] Ed. Vol. II. P. 175.
[4] l. c. P. 176

tation which was necessary, on account of the great difference in the opinions that might be presupposed among French and German readers.«[1] The title of the book, which was not easily rendered in French, was altered to »Recherches sur l'identité des forces électriques et chimiques.« *Ørsted* considered this French edition in many respects superior to the German one.[2]

In the introduction *Ørsted* compares the state of chemical science to that of mechanics before *Galilei*, *Descartes*, *Huygens*, and *Newton*. Before the age of these men a great number of important facts were known, and even consecutively connected series of important facts, but the great principle of unity to which the modern science of mechanics owes its completeness, was wanting. Just so with chemistry at its present stage: a large body of facts had been collected, a series of affinities found, but no first cause of these affinities had been discovered. An attempt should now be made, he thought, to reduce all chemical effects to the primitive forces which produce them, so that chemical science could be based on a theory of force whence, by the aid of mathematics, the chemical phenomena could be deduced. The work now begun was to be a first step in this direction.

We see that it was an imposing task he had set himself, and from the closing remarks of the introduction we learn that only his conviction of its ultimate necessity had induced him to enter upon a proceeding which he could but hope to accomplish imperfectly. We may infer that once he was engaged upon the work his anticipations of its importance and his ambitions for it grew. In a letter[3] dated July 7th 1812 he writes to *Sophie Ørsted* that at the instance of *Niebuhr* he had begun the compilation, from several of his papers, of a small volume to be entitled »Versuche eines Physikers sich in seiner Wissenschaft zu orientieren.« This modest title was given up, we see, as the purpose expanded.

The first step that in his opinion ought to be taken consisted in a general classification of all inorganic substances according to their chemical nature. He divides them into three groups or series.

The first group contains the elements arranged in a list according to definite chemical characters. The possibility is discussed of finding certain physical characteristics according to which the elements might be grouped. This proving impossible, they are ar-

[1] Autobiogr. P. 530. [2] Ann. of Philosophy. Vol. 13. P. 369. London 1819. [3] M. Ø. Vol. I. P. 296.

ranged in successive order according to their liability to combustion: the markedly combustible substances, such as hydrogen, the metals, ammonium, arsenic etc., are arranged according to decreasing combustibility, those which are essentially fire-feeding, according to increasing »power of ignition«. Gold and the platinum metals form the transitional stage between the two groups. Hydrogen is placed at the top of the combustibles, while oxygen closes the row of the fire-feeders. Between oxygen and the platinum metals carbon and sulphur are placed. As a reason for this grouping it is stated that at low temperatures these substances are less oxidable than the metals, and their power of robbing the metallic oxides of their oxygen at higher temperatures is not due to their greater combustibility but to other circumstances; it is partly a consequence of the heat and partly due to the fact that the product formed is gaseous. A more detailed arrangement within the list is no given.

His second group or list contains the acids or bases. The concept of acids can only be defined by their relation to bases and vice versa, and the strength of the acid or base only measured by the quantity required to neutralise a certain quantity of a standard fluid of some kind. The list is made out according to decreasing acidity, increasing basisity. The further arrangement is not indicated here either.

The third group or list contains the salts.

Next, attention is directed to the chemical reactions within the first groups. If two of the members of the first list, a combustible and a fire-feeder, combine, a compound belonging to the second list is formed. The combination of the two substances takes its course until the forces emanating from both neutralise each other and cease to draw them together. On combining, the substances pass out of the first list and form a member of the 2nd list. When highly combustible bodies combine with a small amount of oxygen, bases are formed, and when slightly combustible substances take up much oxygen, they form acids. These two kinds of substances are likewise mutually attracted up to a certain limit of saturation and then on combination pass out of the 2nd list into the 3rd group, the members of which have not the power of so acting on each other that they can form members outside the group.

The chemical compounds which may be formed within the two first groups are supposed to arise through the agency of two forces drawing the substances together and wholly or partly neutralising each other when the union is effected. Such forces are called opposite. It is then shown how the physical properties of the substances vary according to their greater or smaller quantity of the two characteristic opposite forces »combustibility« and »power of ignition.«

Next it is shown that the opposite chemical forces can flow from one place to another in a »chemical circuit«. When two metals of different combustibility are plunged into water they will effect a separation between the combustible and the fire-feeding part of the water, so that oxygen will seek the most combustible metal while hydrogen will be repelled by it and carried towards the less combustible. If these two metals are connected by a conducting wire, the balance of the forces in this wire will be disturbed on account of the alteration in force at the terminals in the water, and the forces will then be propagated through the conductor in the attempt to re-establish the equilibrium. In these passages the forces are treated by turns as material and non-material; there is a vagueness in the use of the concept of force which, by the way, is felt also in *Ørsted's* later production.

Having concluded this investigation of the chemical classifications and the nature of the chemical forces, he turns to electricity in its various modes of action, and examines the nature of the electrical forces. He finds the following similarity between the electrical and chemical forces »that there are two which neutralise each other, that they are present in all bodies, that the greater part of them are in equilibrium and are only made to appear by the effect of external agencies.« Through the chemical action of electricity it is next seen that all substances with combustibility seek the negative electricity, and everything with power of ignition, the positive electricity. From these circumstances the inference is drawn that affinities are conditioned by the opposite electricities, that combustibility and positive electricity, power of ignition and negative electricity are allied.

When electricity is present in great quantity, but with very slight tension, it is not conducted, as seen in contact electricity. Hence it is assumed that in all bodies the electricity is arranged

+ ÷ + ÷ + etc. The internal repelling and attracting forces which are the necessary attributes of matter are furnished by the interaction of the electric charges, and the different properties of the substances are dependent on the different arrangement or layering of the electricities. If the electric equilibrium is disturbed in some way, for instance by the body being connected to a battery, this disturbance will be propagated in undulations through the body by a series of alterations in the distribution of the electricities, and a fresh state of equilibrium will be established under the development of heat. If the disturbance is great a series of considerable and rapid variations in the tensions in various places of the body will occur, and the result will be a series of discharges in the style of immeasurably small electric sparks, and in this case these rapid undulations are the cause of light.

It is interesting to see *Ørsted* evolving an undulatory theory of light at a period when the *Newton*ian emission theory had just made a last bold stand against a dangerous attack from the adherents of the *Huygens* undulation theory. When in the latter half of the 18th century *Euler* had sharply criticised the emission theory, pointing out the advantages of the *Huygens* theory and demonstrating how the difference in colours might be explained by it, *Th. Young* had gone still further and on the same grounds explained the *Newton*ian rings as an interference phenomenon and by means of them found the wave lengths of light of different colours. His work found no adherents, and when *Malus* discovered polarisation in 1810, *Young* could find no interpretation of this phenomenon by his theory, as, like *Huygens*, he only thought of oscillations in the direction of the ray. After this the emission theory again ruled supreme. *Ørsted* was the first to return to an undulatory theory; he retained the idea of oscillations in the direction of the ray, but added the notion of the electric nature of the oscillations.

Ørsted's purpose to give a new theory of heat and light on this basis, suffered, however, from the same sort of obscurity as we have already pointed out above. The concepts of matter and force were confused. He showed in detail how the various effects of heat followed from his theory, but as the foundation of the theory was vague, the explanations remained hazy. The light-theory appeared in more elaborate form a couple of years later.

After it had been shown that the fundamental forces associated

with positive and negative electricity are the first causes of all chemical effects as also of heat and light, it remained to be investigated whether the phenomena of magnetism could also be deduced from them. *Ørsted's* reasoning is as follows:[1] —

There are many similarities between the mode of action of the electrical and magnetical forces, but hitherto no connection has been found between them, no trace of a difference in the influence of electric forces on a body when it is magnetic or unmagnetic. *Ørsted* declares that for the present he cannot demonstrate such a difference, but will point out one or two things which seem to indicate that the solution of the problem is not impossible. It seems to be a fundamental distinction between magnetism and electricity that magnetism is not conductible. This difference is not, however, profound; the electricity found on the isolating plate of a condenser is equally latent. From the fact that magnetism does not differ in its effects when the magnet is acted upon by an electric body, we cannot infer that there is no connection; the chemical effect of a galvanic battery remains uninfluenced if, by approaching electric bodies to the poles, their tension, measured by the electrometer, is altered, and yet the chemical effects are due to electricity. Finally, according to *Hansteen's* investigations on the magnetism of the earth, it seems possible to demonstrate a connection between the magnetic poles of the earth and the northern lights, and further, the magnetising power of iron is dependent on the temperature; now, luminous and heating effects being due to the fundamental electric forces, a connection may be traced. *Brugmans* and *Coulomb* having likewise shown that magnetism is present in all bodies, it seems a likely conjecture that the magnetic forces are as universal as the electric. It is then proposed that the experiment should be made whether electricity in one of its most latent forms could act on the magnetic bodies as such. — *Ørsted* referred to this proposal in 1820 when he found a connection between electrical forces and magnetism precisely by applying electricity in latent, i. e. galvanical, form.

It may perhaps surprise that *Ørsted* does not mention *Berzelius* and *Davy* among his precursors in propounding an electrochemical theory; in fact, their well-known theories had allready been advanced before 1812. In 1803 and 1806 *Berzelius* and *Hisinger* published a paper in German and Swedish respectively, communicating the

[1] Ed. Vol. II. P. 146—49.

results of electrolytic experiments, and *Berzelius* set forth the theory that the chemical affinities were due to the opposite electricities. *Davy* advanced the same idea in 1808, likewise in a paper dealing with new experiments. Both these scientists were atomists, each in his way imagining the opposite electricities bound up with the atoms, and both applied the electrochemical theory as a fruitful working hypothesis in further experimental investigations. When now *Ørsted* does not mention these two men among the founders of the electrochemical theory, but, on the contrary, strongly emphasises that already before the Voltaic pile an electrochemical theory had been evolved in connection with *Ritter's* and *Winterl's* works, it may perhaps be taken as a sign of a kind of claim to priority on *Ritter's* and *Winterl's* account. There is the ring of something similar in a remark of his 16 years later, which was quoted above, p. XXXVII. In the same place he writes: »The electrochemical system was bred in several brains even before *Winterl* and *Ritter,* but these two men developed it considerably, each in his characteristic way. No doubt their system was less complete than what is now called the electrochemical theory, but nevertheless, both in name and contents the latter is as onesided as the antiphlogistic theory whose great merits no impartial observer will deny, and this theory had, indeed, even more the merit of novelty than the electrochemical theory«.[1] *Ørsted* was moreover, up to and at the time of writing »Ansicht der chemischen Naturgesetze«, an opponent of the atomic doctrine and may for that reason have considered his »dynamic theory« so different from *Berzelius's* and *Davy's* opinions that he did not count them as his predecessors in regard to theory even though he mentions their experimental work with appreciation.

Ørsted had every reason to be satisfied with the reception accorded to his book. It »attracted great attention and gained great eclat in Germany«.[2] In France it attracted so much attention that a French edition of it was published. *Ørsted* himself states that shortly after its publication *van Mons* dedicated a translation of *Davy's* Chemistry to him and *Berzelius.* In England the book was unknown for several years owing to special circumstances. It was not mentioned until 1815 by *Th. Thomson* in a review in »Annals

[1] Autobiogr. P. 523.
[2] Annals of Philosophy. Vol. 5. P. 5. London 1815.

of Philosophy«. The first article in the periodical for that year opens with the following remarks: »After an almost total exclusion from the Continent for about seven years, all the kingdoms of Europe have been suddenly thrown open; and it has been in our power, by importing the different foreign journals to make ourselves acquainted with the various additions which the sciences have received during this eventful period.«[1] Then follows a report of the important events in the domain of chemical science, one of the items of which is a detailed account af *Ørsted's* book because of the great attention it had attracted. *Thomson* had not, however, had the original treatise at hand, but only an account of it, he therefore declared that some things in *Ørsted's* book which seemed to him »whimsical and absurd« might perhaps appear different to him if he could see the original. Four years later, in Annals of Philosophy (1819), he returned to the subject; *Ørsted* had sent him the French edition and *Thomson* now stated his intention of giving as good an analysis of the book as it was in his power: »The book is highly worthy the perusal of all those British chemists who aim at the improvement and the perfection of their science. It is rather surprising that a work of such originality and value should have remained for these four years quite unknown in this country«.[2] He also says that it will be a pleasure to him »to do justice to Professor *Ørsted* whose knowledge in the science of chemistry, and whose powers of arrangement and generalisation are very uncommon.«[3] *Thomson* then analyses the contents of the book in three comprehensive articles. He states his appreciation of the classifications and the chemical arguments, but declares that he does not understand the heat- and light-theory on account of that very vagueness in the definition of matter and force which we alluded to above.

If now we examine the importance and influence of *Ørsted's* work in regard to the advance of science, if we ask whether it achieved its purpose of taking the first step towards a state in which chemical results could be computed from a knowledge of the laws of the fundamental forces inherent in matter, we must admit that at any rate it is not demonstrable and could hardly be so according to the whole character of the book. It deals only qualitatively with the forces; there is hardly a figure in the book, no single indication of the extent of the

[1] Annals of Philosophy. Vol. 5. P. 1. 1815.
[2] l. c. Vol. 13. P. 369. 1819.
[3] l. c. P. 369.

forces or a quantitative law for what they are dependent on, in short, nothing on which a mathematical treatment could be founded. And yet the book may have been of great importance — it is stated that it attracted attention and achieved success, it may have stimulated thoughtful readers by its ideas and systematics and may thus have led to works in the desired direction, but an influence of this kind will always remain hidden.

When *Ørsted* visited Paris in 1823, and was received and fêted as the discoverer of electromagnetism by all the celebrities, he wrote home: ». . . I see very well that I may expect my electrochemical theory, which I published already long ago, to be understood in particular by the new scientific generation; though I must say that I have not found that the elder generation have entirely accepted it. . . . On many occasions I have perceived that it is almost impossible to make my theory intelligible to Frenchmen without at the same time explaining to them some features of Nature Philosophy«.[1]

Here again, Nature Philosophy was evidently detrimental to him and lessened the importance of his work by giving a touch of vagueness both to matter and form.

At some points he recast and supplemented his theories during the succeeding years. This was the case with the theory of the production and propagation of light which he returned to again and again. In 1815—16 he laid his »Theorie over Lyset«[2] (Theory of Light) before the Society of Sciences. Its presuppossition the identity of electrical and chemical forces already asserted in »Ansicht der chemischen Naturgesetze«; further, it is maintained that every propagation of electricity through a body begins with a polarisation of the medium through which the propagation is to take place, alternate layers of + and ÷ electricity forming and then discharging themselves by undulations, after which fresh polarisation takes place. The possibility of such a polarisation even in conductors is proved by the Voltaic contact potentials between different metals. The main assumption is that heat and light are generated by the union of the opposed electrical forces when this union takes place under resistance. The evolution of heat increases with the resistance and with the quantities of electricity, or, as he puts it, with the quantity of the »forces which act on the conduc-

[1] M. Ø. Vol. II. P. 54. [2] Ed. Vol. II. P. 433.

tor at any moment while the strength measured by the electrometer remains unaltered«.[1] »The galvanical apparatus, especially with large plates, therefore produces much more heat and light than the frictional machine or a battery charged by means of it«.[2]

The evolving of light by combustion is caused by positive electricity in the combustible substance uniting with negative electricity in the firefeeder. The union cannot take place until »the conduction is very perfect«, i. e. when the parts are brought into such close contact by ignition that the passage of electricity can take place. By the alternating polarisations and discharges set up by this, the same phenomena will arise in the medium surrounding the place of combustion, and the process will be continued as rays of light. Along these a kind of electrical polarisation will take place with a following undulatory discharge of the opposite electricities by a passage through the intermediate resisting layer as in a spark. »The mode of action of the forces in light is compared by the author to that which takes place in the electric spark«.[3] »The greatest velocity in the union of the opposite forces gives the invisible rays which appear in the prismatic spectrum next to the violet light. After these rays the violet rays have the greatest velocity of union and so on, according to the order of the colours, up to the red rays which have the smallest velocity. A still smaller velocity of union gives heat rays. The gradual merging of light and heat into each other, as well as all the accompanying phenomena, are easily explained on this theory.«[4] The small spark paths in which the op-

[1] Ed. Vol. II. P. 434.

[2] l. c. P. 434. *Ørsted* remarks with some bitterness in 1817 that this correct observation mentioned in »Ansicht ... has been overlooked and forgotten. In *Schweigger's* Journal Vol. 20. 1817. P. 212, he writes: — »Ich sehe, dasz *Children* der Beschreibung seiner schönen galvanischen Versuche einige theoretische Bemerkungen beigefügt, welche mit der von mir früher aufgestellten Wärmetheorie gänzlich übereinkommen. Er ziehet nämlich aus seinen Versuchen den Schlusz, dasz die Leiter von den Durchdringen electrischer Kräfte in dem Grade heisz werden, wie sie Widerstand leisten. Ich habe dieses Naturgesetz schon lange gekannt, und in meinen Ansichten der chemischen Naturgesetze, wie auch in Ihrem Journal aufgestellt, und zwar nicht ohne Gründe, die überzeugen können. Ich habe hierauf eine allgemeine Theorie der Wärme aufgestellt, in welcher ich die Thatsachen auf eine ungezwungene Weise aus dem Grundsatz ableite Woher kommt es denn, dasz in den neuern Schriften so gar keine Rücksicht darauf genommen wird? Ich sehe überhaupt mit Verwunderung, dasz man mehrere rein theoretische Speculationen englischer und französischer Physiker in deutschen Schriften weitläufig auseinandersetzet, während man von den analogen Untersuchungen, welche ich in meinen Ansichten der chemischen Naturgesetze aufgestellt, ein gänzliches Stillschweigen beobachtet, selbst wenn sich daraus noch Berichtigungen holen lieszen für die von jenen Fremden später aufgestellten Sätze. Ich habe ziemlich viel Materialien, womit ich das Gegründete dieser Bemerkung beweisen kann

[3] Ed. Vol. II. P. 434. [4] l. c. P. 435.

posite electricities unite are then interpreted as »the elementary components of light«.[1] »The line between the diametrically opposed points in such an elementary component is called its axis. Its position relative to a reflecting or refracting surface will of course influence the further passage of the rays. Hence this theory seems to accord better than any other with the polarity in the light rays discovered in our day«.

This last explanation evidently did not satisfy *Ørsted*, in later writings we find remarks showing that he was still considering the possibility of finding a better one. When in 1820 he sent out a short account of his discovery of the magnetical effects of the electric current, the last lines dealt with this theme. The newly observed effects gave him the idea that the electrical »conflict«, the discharge between the opposite electricities, in a conductor, took place along a spiral line round the axis of the conductor, and the action on the magnet in the vicinity of the conductor was conceived as an indication that in the medium surrounding the conductor there was also a conflict which followed a spiral line with the windings almost at right angles to the axis of the wire. The action in the conductor during the passage of the electricity may by analogy be transferred to »the conflict« assumed to take place along a ray of light. *Ørsted* then writes: »In a book published seven years ago I pointed out that heat as well as light is an electrical conflict. From the additional observations recently obtained we may now venture to conclude that there is also a circulating motion in these effects. This I think may contribute much towards the explanation of the phenomena comprehended under the name of the polarisation of light«.[2]

Already in 1819 we note this idea of *Ørsted's* that the conflict in the conductor itself does not take place in a straight line along the axis. Among his papers we find an account of some experiments in which heavy currents were sent through metal wires, with the result that their surfaces were altered so that alternate bright and tarnished stripes appeared. »Do these run in serpentine windings«, *Ørsted* asks several times in the notes added. Through the new observation he made of the deflection of the magnet, he saw the continuation of this conflict outside the conductor.

In an account[3] of the electromagnetical discovery read before

[1] Ed. Vol. II. P. 435. [2] Ed. Vol. II. P. 218. [3] Ed. Vol. II. 447.

the Society of Sciences in 1820—21 he again went into the question of the nature of light and the cause of polarisation. He reminded his audience that he had advanced the hypothesis that the propagation of light must be assumed to take place by an undulatory disturbance and re-establishment of equilibrium between electrical forces in space. »The electromagnetical discoveries now seem to lead the way to a better insight into the nature of these undulations. Perhaps the mutual distance between the windings or circles might determine the colour of the rays, and the figure of these windings or circular lines one day serve to explain to us the so-called polarity of light«.[1]

He did not further follow up these ideas nor give them definite form, but it is evident that his imagination was constantly occupied with the problem of the nature of light and its relation to matter by emission and absorption. We see this clearly from some letters to his German friend *Weis,* written in 1828, which take the shape of quite a treatise concerning the internal constitution of bodies. »Briefwechsel über Atomistik und Dynamik« is the general title.[2] We find the same opinions expressed on a sheet among *Ørsted's* papers which bears the title »From a Lecture on Electricity. March 15th 1828«.

From the outset *Ørsted's* theory of light is the issue of his chemical theories of the internal forces of bodies, and it is again closely connected with the opinions he maintains in the above-mentioned letters. His statements denote a break with his early acceptance of *Kant's* ideas of matter, maintained by *Weis* in this correspondence. He does not, like the latter, stop at the attracting and repelling forces of matter as the primary and *a priori* foundation of science, but, taking a step further, he seeks the common cause of these, and thus of other forces of nature, in motion. In a treatise[3] written during this period in an English encyclopedia, we find in connection with some reflections on his »dynamico-chemical theory«, the following statement: »The dynamico-chemical theory must still remain very imperfect, until it is decided if the powers acting in magnetism, electricity, heat, light, and chemical affinities, are to be ascribed to vibratory, circulating, and other

[1] Ed. Vol. II. P. 453.

[2] *Harding's* (still inedited) collection of letters to and from *H. C. Ø.*

[3] Ed. Vol. II. P. 351.

internal motions or not«.[1] In the letters to *Weis* he enters more closely into the last problem.

His new opinion is that all bodies consist of inconceivably small, though not infinitely small, particles which are in an oscillating motion and are thus kept apart. The existence of this internal motion is grounded on the assumption of the oscillating nature of heat and light: »Ich stelle Licht und Wärme zusammen, weil ich immer mehr und mehr in der Meinung befestigt worden bin, dasz Licht und Wärme oscillatorisch sind und dass die Wärme von dem Lichte nur durch langsamere Oscillationen verschieden ist. Dasz alle Körper sich wechselseitig Wärmestrahlen zusenden und zurückwerfen ist anerkannt. Dasz diese Strahlung auch zwischen den Grundtheilen statt findet, geht aus den Thatsachen hervor, denn die Erscheinungen des Eindringens der Wärmestrahlen in die Körper, ihre Zurückhaltung und Wiederausstrahlung sind so beschaffen, dasz man nicht bei einem Hin- und Herstrahlen zwischen den Oberflächen stehen bleiben kann; es musz ein unaufhörliches Hin und Herstrahlen zwischen den Grundtheilen vorgehen. Da aber diese Grundtheile sehr klein sind, so werden sie an den Schwankungen der Wärmeoscillationen mit Theil nehmen, und so ist schon eine innere Bewegung dargethan. Zwischen den Weltkörpern ist die Strahlung unter der Form des Lichts am thätigsten. Das aber zu jeden Planeten ankommende Licht verwandelt sich darauf, wie bekannt, zur Wärme und gibt dadurch der innern Wechselwirkung neues Leben«. — »Wir haben denn hinreichende Gewiszheit von der innern Bewegung der Grundtheile; wir können uns aber kaum erwehren einen Kreislauf an ihnen anzunehmen«. »Es bewegt sich also in jedem Körper eine Welt von Grundtheilen die durch äuszere Kräfte mehr oder weniger beschränkt wird: die sich durch Sonderungen und Vereinigungen der Systeme umbilden können. Durch Wärmestrahlung können diese Theile in weitere Kreisläufe gebracht werden, durch Zusammendrückung oder Entstrahlung in engere«. — This theory is made clear as well in the draft for a lecture as in the German letter; in the latter the reasoning is the most generally valid and runs as follows.

»Der electrische Strohm hat um seine Achse einen magnetischen Kreislauf. . . . . Jede Zerlegung durch einen in gegebener Richtung laufenden, electrischen Strohm, wird von einem Kreislauf

[1] Ed. Vol. II. P. 398.

begleitet. Durch diesen electrischen Strohm von dem ich anderswo erwiesen habe, dasz er in abwechselnden + E und ÷ E fortschreitet, werden eine Reihe von Ladungen der Theile, in der Richtung des Strohms hervorgebracht, und Kreisläufe in darauf senkrechten Ebenen. In so weit die Theilchen von dieser Richtung ergriffen sind, haben sie eine Achse electrischer Ladung und einen Æquator magnetischen Kreislaufes. Da die chemischen Wirkungen, welche ohne regelmässigen, electrischen Strohm hervorgebracht werden, doch gewisz von derselben Thätigkeit herrühren, so existirt dieser Kreislauf in allen chemischen Wirkungen. Wenn aber die trennende und vereinende Thätigkeit ihr Ziel erreicht hat, werden doch jene Ladungen und Kreisläufe in der Anlage dableiben, eben so wie eine Stahlscheibe, durch deren Mittelpunkt eine magnetische Ladung durchgegangen ist noch magnetische Kreispolarität behält, welche am wahrscheinlichsten als eine äuszerst langsamer magnetischer Kreislauf anzusehen ist«.

Through this theory of the internal constitution of bodies we catch a glimpse of an elaboration of his opinions on the mechanism evolved in the emission and absorption of light and heat. If the velocity of the particles of a body in their circulating motions increases, heat-radiation will take place. If, conversely, heat rays penetrate into a body, their oscillations will influence the motion of its particles. Light and heat oscillations are assumed to occur »nothwendig oft in Materien . . . die feiner sind als alle uns bekannten, z. B. die in dem Weltraume verbreitete Materie. Man mag... diese Materien Æther oder Ætherarten nennen, oder wie man sonsten will« . . . In his previous framing of the theory *Ørsted* based it on the supposition that the action along a ray in the medium, the ether, is of the same nature as the oscillations, electric polarisations, and magnetic circulation, taking place in bodies during the emission of heat and light. The above-cited conception of the condition in matter may therefore offer a picture of a ray of light.

In these theories *Ørsted* anticipated certain ideas which became the basis of later theories in the same domain. He had notions analogous to the *Faraday-Maxwell*ian ideas about the propagation of light by means of undulatory electric polarisation of the light-propagating medium and a concomitant alternating magnetic field. He had a preconception of the modern ideas about

atoms as a kind of solar systems with electrons in motion and corresponding magnetic fields. Thus he employs the following illustration: »Stelle Dir einen Sternennebel vor, worin wir nichts als einen hellen Flecken sehen, unerachtet er aus unzähligen Sonnen und andern Weltkörpern besteht; denke Dir diesen in aller Rücksicht so verkleinert, dasz er in Deiner Hand noch dieselbe scheinbare Grösze habe, wie er in jener ungeheuern Entfernung hatte; er wird Dir jetzt alle Erscheinungen eines Körpers geben, so dasz seine vorher unübersehbaren Entfernungen nun Poren sind, seine innern Bewegungsverrichtungen als physische und chemische Eigenschaften erscheinen. Seine Zusammendrückung würde nicht ohne Widerstand seyn, und die Annäherung der Theile, unzählige Licht- und Wärmestrahlen nöthigen, schneller ihren Lauf hin- und herwärts zwischen den Theilchen zu vollenden, also auch häufiger durch die Oberfläche zu entweichen, also Wärme und Lichtentbindung geben«. — —

Indeed this was all metaphorical and *Ørsted* found no critical mind to build a mathematical system on his ideas, but the very nature of these shows that he belonged to that class of scientists who have power of combination and imagination enough to form hypotheses. He never gave his theory of light in explicit form, and it became little known — it did not, like *Faraday's* electromagnetical ideas, become the starting point of new theories — but it remains to us as a testimony that *Ørsted* had what *Faraday* called »power of penetrating the secrets of nature«.

Once or twice in his production *Ørsted* incidentally returned to the theory of the nature of light. Through *Fresnel's* researches it had gradually been established that light is due to oscillations of the ether at right angles to the direction of the ray. In 1829 *Ørsted* read before the Society of Sciences some »Betragtninger over Forholdet mellem Lyden, Lyset, Varmen og Electriciteten«.[1] (Remarks on the Relation between Sound, Light, Heat and Electricity). He did not mention the special presupposition of his own theory, but started from *Fresnel's* assumption that light is due to oscillations of the ether. Still, he did not entirely desert his own theory, or, at least, did not abandon what to him was the central idea: »For the rest he would not have it regarded as definitely settled that light consists in oscillations of the ether, he only wanted to show that,

[1] Ed. Vol. II. P. 489.

assuming this opinion, which has gained so much in probability in recent times, to be right, we must imagine the interdependency between electricity, galvanism, and magnetism to be just as uninterrupted as on the theory starting from the electrical forces.«[1] . . »In many poetico-philosophical writings from the last decades of his life, this fundamental conception plays a great part.«[2] Hence the central thing to him is the idea of the unity in the forces of nature; as it was the backbone of his early works when he was under the influence of Nature Philosophy so it remained with him throughout his production to the poetico-scientific works of his old age.

After the completion of the great theoretical works in 1812—13 *Ørsted* returned from abroad where these works had seen the light, and there now followed some laborious years in which only small time was left for scientific work, and in which his achievements were mostly of an experimental kind.

A theoretical paper verging on the practical is his proposal from these years for an altered chemical terminology, a nomenclature founded on old Scandinavian-Germanic words.[3] It was first brought forward at the University Reformation Festival in 1814 and published later.[4] Some of the designations proposed are used in Denmark to this day, such as Brint (= hydrogen), and Ilt (= oxygen), with the derived words at brinte (= to hydrogenise), brintelig (= hydrogenable), at ilte (= to oxidize), iltelig (= oxidable). The paper is an outcome of *Ørsted's* interest in »Sprogforædling«, ɔ: the purification of the language, and was followed by others of a similar kind.[5]

Ørsted himself has described his working conditions in the years about 1815:[6] »In these and the immediately following years his scientific researches were much restricted by his routine work. For several successive winters he lectured for five hours on most

---

[1] Ed. Vol. II. P. 482.

[2] Aanden i Naturen. Vol. I. og II. Kbhvn. 1850 and Saml. og efterl. Skrifter. Vol. I — IX. Kbhvn. 1851—1852.

[3] That the matter occupied his mind for several years and that he sought information from philologists is seen from the following translated letter from *Rask* to *Ørsted* (of Jan. 28. 1812.): —

. . . »Against Ilt or Ildt may be said that no such ending or mode of derivation is found in the language, by which one noun is formed from another by adding a t, and by which the new noun obtains the sense of the principle or element of the former . . . All words in -t are formed either from adjectives or verbs and denote rather an abstract quality or effect than a concrete element. If I am not mistaken in this, the word can hardly, I suppose, pass for good Danish«. *Rask* proposed the use of eld or eldr instead, with derivations.

[4] Ed. Vol. II. P. 178.

[5] Saml. og Efterl. Skrifter. Vol. IX. Kbhvn. 1851. P. 1.

[6] Autobiogr. P. 532.

days, in the summer for 2 or 3 hours«. On the 30th of October 1815 he wrote to *Berzelius:* »Even the little I might be able to accomplish I am prevented from carrying out on account of my unfavourable position in the university where an adverse and cunning manager knows how to destroy the advantages which the approval of my countrymen to some degree entitles me to, so that I am compelled to give so many lectures and take upon myself so much other business that I have only little time left for my own work. But enough of this. I dare say I shall get some offer from Germany by which I can tear myself away from this position«.[1] Not until 1817 was *Ørsted* made professor ordinarius.

Besides delivering the lectures *Ørsted* had much work to do in providing and arranging a collection of physical instruments for use during lectures. The foundation of this collection was laid in the years 1804—06[2] when a collection of physical apparatus was given to *Ørsted* through the fund »ad usus publicos«, and by public grants and subsidies from the King he soon brought it up to such dimensions that in 1816 when it was taken over by the university it was insured for 16000 Rdr.

A practical or partly practical and partly scientific matter took up much of *Ørsted's* time for a couple of years. By Royal order *Esmarch, Ørsted* and *Forchhammer* were commissioned to make an inspection of the minerals of Bornholm in 1818—19. The inspection took several months, and two explicit accounts[3] were published and involved some newspaper polemics. *Ørsted* was quite satisfied with the results. He wrote to *Zeise* on the 3rd of Nov. 1818: »The commission, of which I was a member, had the good fortune to discover the finest prospects of real coal, to show that the island harbours a great wealth of ironstone (it consists of carbonate of iron) to find a good lead ore, to open up prospects of a copper mine and to point out many useful applications of the produce of the country besides«.

On the 20th of January 1815 *Ørsted* was made secretary to the Society of Sciences and began to work sedulously to enhance the importance and reputation of the Society. This became to him personally an instigation to keep his knowledge and work on a level with contemporary science. Evidence hereof is found in the

---

[1] *Harding's* Collection of Letters.

[2] *E. A. Scharling:* Bidrag til at oplyse de Forhold under hvilke Chemien har været dyrket i Danmark. Kbhvn. 1857. P. 69. and Ed. Vol. III. The introduction

[3] Ed. Vol. III.

history of the Society of Sciences, edited by *C. Molbech* in 1843, where mention is made of the period from 1815: »Thus we may note that especially the Society's secretary, already from an early part of this period and up to the present time, has made report on a great many scientific notes and briefer communications not printed in the publications, the object of which proceeding was to prevent the passing of a meeting without scientific communications, for want of other contributions or papers read«.[1] Besides this, we find shorter treatises or communications from his hand in all the annual volumes but two, of the Transactions of the Society (Videnskabernes Selskabs Oversigter), from 1815 to 1850.

Among his numerous lectures *Ørsted* delivered a monthly lecture in which he gave an account to advanced students of recent works and progress in science. In trying over the experiments which were to accompany the lectures or communications to the Society ot Sciences, he was led to occupy himself with these subjects. It holds especially for these years, but also for later years, that during such work he often found new results and partly followed them up, but was then engrossed by other work and therefore prevented from completing the investigations. Others then found the conclusive evidence he had been on his way to attaining or which he had attained but not published.

Already in early youth *Ørsted* took an interest in the construction of elements and the cause of »galvanism«. His u-tube battery from 1801 occupied him much.[2] In 1816—17 he again took up his work with elements, but this time for the purely practical purpose of inventing an effective and easily available cell. The result was the construction, in 1817, of a battery by him and *Esmarch* in conjunction.[3] The new idea in the construction was that the vessel itself was of copper and formed the positive pole of the cell; the zinc plate in each cell was fastened to a hoop which protruded from the copper vessel of the adjoining cell. The fluid was a mixture which *Ørsted* always used later on, it consisted of water + $^1/_{60}$ H_2S_4O + $^1/_{60}$ HNO_3 and would probably have the effect of giving the cell about the same electromotive force as a Daniel cell, as HNO_3 would dissolve a little of the copper, so that nearest to this would be found a layer of copper salt. The idea of this mixture

[1] Det kgl. danske Vidensk. Selskabs Historie ved *C. Molbech*. P. 457. Kbhvn. 1843.

[2] See p. XXI and XXIV. [3] Ed. Vol. II. P. 206.

Ørsted probably got elsewhere. In 1815 Children published a paper in *Schweigger's* Journal on some heating experiments performed by means of a large battery with the same liquid, and *Ørsted* was acquainted with this paper.[1]

During the experiments with the newly constructed battery, the yield of which was tried according to the practice of the time by heating experiments with metal wires, *Ørsted* discovered that the heating of the wire increased when the cell was heated. For this reason some huge cells were constructed in which the fluid could be kept warm by embers. The battery demonstrated before the Society of Sciences consisted of 6 cells, each able to contain 18 quarts; it could make an iron wire of $^1/_{24}$ inch in diameter glow, and even fuse it. In spite of its great effect in this respect, the battery does not seem to have been much used; it was no doubt too large and unwieldy. The first battery, on the other hand, was much used. »With this apparatus *Ørsted* performed many very interesting experiments«,[2] *G. Forchhammer* tells us, »still I shall here only communicate one in which I assisted him in 1818, namely the exploding of mines by making a fine metal wire, which was passed through the powder, incandescent by means of a galvanic current from the apparatus. The experiments succeeded capitally but they became known only within a narrow circle, and not until later, when they were adopted in other countries, did they acquire importance, and have now obtained a varied application«.

When in 1816—17 *Ørsted* demonstrated experiments with the new galvanic batteries before the Society of Sciences, he mentioned an experiment which he and *Esmarch* had incidentally performed, »an experiment which certainly does not actually teach us anything new, but yet exhibits a familiar truth in a new shape«.[3] They had succeeded in producing light by an electric discharge in mercury vapour, and the »familiar truth« was this, that the electric spark consisted in »a violent incandescence of the matter which fills space«. The proceeding is described as follows: »They filled a u-shaped glass tube, one leg of which had a strong capillary constriction, with mercury, and boiled it in the tube. They then brought it into connection with the galvanic circuit and now saw sparks form in the narrow part of the tube, the mercury there alternately being

[1] See p. LV, Note. [2] *G. Forchhammer: Hans Chr. Ørsted.* Et Mindeskrift. Kbhvn. 1852
[3] Ed. Vol. II. P. 437.

made glowing, its parts separating on account of the evolved vapour but again combining upon the quickly succeeding liquefaction of this vapour«.[1]

The battery was also used for electrolytic experiments. It will be remembered that already in 1801 *Ørsted* found important results in this domain, that he constructed a kind of voltameter, and that he found that the quantities of acids and bases appearing at the two electrodes in an electrolyte were chemically equivalent. The researches he now took up did not lead to any result of importance, but were in various respects characteristic. In April of 1819 he had set up a battery of 20 cells with very slight internal resistance, and used it for his electrolytic experiments. Amongst other things he carried out electrolysis of potassium hydroxide with platinum wires for anode and tin or bismuth for cathode. On account of the very strong current he got a disintegration of the tin and bismuth cathodes and thought he had succeeded in forming compounds of these metals with hydrogen — tin- and bismuth hydrides. He made a statement of this before the Society of Sciences, it was not however printed, but an account of the experiments is found among his papers. —

The disintegration of an electrode was first observed by *Ritter* in 1808. When in 1807 *Davy* had produced potassium by electrolysis of fused potash, *Ritter* tried in 1808 whether the nature of the cathode metal had any influence on the isolation of the potassium. Then, on employing a tellurium cathode, he perceived a strange phenomenon. The potassium was not liberated at all, whereas the tellurium cathode crumbled away through an intermediate stage of a tellurium-potassium alloy. *Ritter* supposed that the powder was tellurium hydride, in which opinion *Davy*, who repeated the experiment, joined him. *Ørsted* was the first who saw the dispersion of tin and bismuth, but he made no attempt to pursue the matter further. It was dealt with later by *Magnus* (in 1829)[2] and by *Poggendorff* (in 1848),[3] but did not become of any greater importance until 1898 when the chemistry of colloids came into being. Here again then, *Ørsted* was at the beginning of a road which might have led him to results of interest, but he did not follow the hint which he had received through the peculiar phenomenon of cathodic dispersion.

[1] Ed. Vol. II. P. 437.

[2] *Poggend.* Ann. d. Physik Vol. XVII. P. 521. Leipzig 1829.

[3] l. c. Vol. 75. P. 349. 1848.

In 1820 however, he had quite a different experience. »This year was the happiest in *Ørsted's* scientific life«,[1] he says himself. It was the year of his great discovery, but he was also fortunate in carrying through another, smaller, investigation, in finding a new alkaloid in pepper[2] which he called piperine. Already in 1809 he had touched upon the question.[3] He saw that he got similar precipitates with tincture of galls in a solution of quinine and in an aqueous extract of pepper. Tincture of galls contains tannin which is a reagent for alkaloids, so it is evident that already then he saw, without pursuing the matter further, that both substances contain components with uniform properties. The term »alkaloid« was then unknown. It was not until 1817 that alkaloids, i. e. vegetable substances with alkalic properties were known. In 1817 *Sertürner* demonstrated a substance of this sort in opium and called it morphium, later morphine, in 1818 and 1819 two more were found and to these, then, *Ørsted* added piperine in 1820. The mode of procedure in producing the substance, as well as its properties, were described in a letter to *Schweigger* of February 15th which was published in his periodical. On February 18th *Ørsted* gave an account of his work before the Society of Sciences and finally, on the 14th of March he sent a letter about it to the Journal de Physique which was also published. He wrote to *Schweigger:* »Ich setze meine Versuche über diesen Gegenstand mit Eifer fort,« and gave an account of several problems engendered by these researches, the answer to which he intended to seek through new experiments. This purpose was not realised. At a lecture in April he saw for the first time the magnetic needle deflected by an electric current and hence the course of his researches in the immediate future was determined.

[1] Autobiogr. P. 536. [2] Ed. Vol. II. P. 212 and 444. [3] Ed. Vol. II. P. 212 note.

ØRSTED'S discovery of electromagnetism came as a surprise to everybody and apparently without any preparatory work. It was communicated in a paper which in the briefest form possible gave an account of the conditions under which the experiments were made, and their results. These are many and all correct, but no drawings, no indications of series of experiments, or sequences of series, indicate the way these results were reached. Now that we look at the matter historically, and know the significance of the discovery, certain questions inevitably arise. What was the process of evolution which led up to the discovery? What new idea gave the impulse? What account of experimental work were the published results based on? I hope to be able to show that it is possible to get *Ørsted's* own answer to these questions by the aid of his published writings and his posthumous papers.

In the Edinburgh Encyclopedia, ed. *Brewster*, vol. XVIII, 1830, under the head of »Thermoelectricity« is found an interesting article by *Ørsted* about the questions here touched upon, the article containing, despite its name, a sketch of the discovery and development of electromagnetism.[1] That this is to be found in so late a volume of the work and under this heading is simply due to the fact that the work had been under publication for 20 years so that the concept »electromagnetism« did not exist when the volume was printed in which it ought to have been dealt with. In his preface to the volume containing *Ørsted's* contribution — the last of the encyclopedia — *Brewster* regrets that the publication has taken much longer than originally expected, but this very delay, he says, has involved some advantages: »Had the work been completed at the time originally contemplated, it must have been deprived of many of the best articles which it contains, written by Individuals of the most distinguished eminence in science and literature. The return of peace to Europe gave a vigorous impulse to scientific inquiry; and new sciences were created, which were not even known by name at the commencement of the work. Two of these, namely, the Polarisation of Light,[2] and Electromagnetism,[3] have been fully treated in the latter volumes of the work, the last

---

[1] Ed. Vol. II. P. 351. [2] ›See Optics, Part I Chap. VI and VII‹.

[3] ›See our Article Thermo-Electricity, under which the science of Electro-magnetism is given.‹

of these articles having been written by Professor *Ørsted*, the distinguished philosopher to whom that science owes its existence«.

In the historical introduction to the article in the Encyclopedia *Ørsted* gives a sketch both of the ideas on the subject which were current when he began to work at it, and of the way in which his new ideas developed; as the latter account accords with the impression we receive of this development from his published writings as described in the preceding pages, we may safely assume that it will hold good for 1820, even if it is his view of the matter of about 10 years later which is directly expressed in the article. Among his papers are a number of loose, unarranged sheets which, read in succession, will give us an answer to the question about the experimental work which was the base of the discovery.

We shall now first quote the part of the above-mentioned introduction which deals with his own work.

»Electromagnetism itself, was discovered in the year 1820, by »Professor *Hans Christian Oersted*, of the university of Copenhagen. »Throughout his literary career, he adhered to the opinion, that »the magnetical effects are produced by the same powers as the »electrical. He was not so much led to this, by the reasons com»monly alleged for this opinion, as by the philosophical principle, »that all phenomena are produced by the same original power. In »a treatise upon the chemical law of nature, published in Germany »in 1812, under the title *Ansichten der chemischen Naturgesetze,* and »translated into French, under the title of *Recherches sur l'identité »des forces électriques et chymiques*, 1813, he endeavoured to estab»lish a general chemical theory, in harmony with this principle. »In this work, he proved that not only chemical affinities, but also »heat and light are produced by the same two powers, which pro»bably might be only two different forms of one primordial power. »He stated also, that the magnetical effects were produced by the »same powers; but he was well aware, that nothing in the whole »work was less satisfactory, than the reasons he alleged for this. »His researches upon this subject, were still fruitless, until the year »1820. In the winter of 1819—20, he delivered a course of lectures »upon electricity, galvanism, and magnetism, before an audience »that had been previously acquainted with the principles of natural »philosophy. In composing the lecture, in which he was to treat »of the analogy between magnetism and electricity, he conjectured,

»that if it were possible to produce any magnetical effect by elec-»tricity, this could not be in the direction of the current, since this »had been so often tried in vain, but that it must be produced by a »lateral action. This was strictly connected with his other ideas; »for he did not consider the transmission of electricity through a »conductor as an uniform stream, but as a succession of interrup-»tions and re-establishments of equilibrium, in such a manner, that »the electrical powers in the current were not in quiet equilibrium, »but in a state of continual conflict. As the luminous and heating »effect of the electrical current, goes out in all directions from a »conductor, which transmits a great quantity of electricity, so he »thought it possible that the magnetical effect could likewise eradiate. »The observations above recorded, of magnetical effects produced »by lightning, in steel-needles not immediately struck, confirmed »him in his opinion. He was nevertheless far from expecting a great »magnetical effect of the galvanical pile; and still he supposed that »a power, sufficient to make the conducting wire glowing, might »be required. The plan of the first experiment was, to make the »current of a little galvanic trough apparatus, commonly used in »his lectures, pass through a very thin platina wire, which was »placed over a compass covered with glass. The preparations for »the experiments were made, but some accident having hindered »him from trying it before the lecture, he intended to defer it to »another opportunity; yet during the lecture, the probability of its »success appeared stronger, so that he made the first experiment in »the presence of the audience. The magnetical needle, though in-»cluded in a box, was disturbed; but as the effect was very feeble, »and must, before its law was discovered, seem very irregular, the »experiment made no strong impression on the audience. It may »appear strange, that the discoverer made no further experiments »upon the subject during three months; he himself finds it difficult »enough to conceive it; but the extreme feebleness and seeming »confusion of the phenomena in the first experiment, the remem-»brance of the numerous errors committed upon this subject by »earlier philosophers, and particularly by his friend *Ritter*, the claim »such a matter has to be treated with earnest attention, may have »determined him to delay his researches to a more convenient time. »In the month of July 1820, he again resumed the experiment, ma-»king use of a much more considerable galvanical apparatus. The

»success was now evident, yet the effects were still feeble in the »first repetitions of the experiment, because he employed only very »thin wires, supposing that the magnetical effect would not take »place, when heat and light were not produced by the galvanical »current; but he soon found that conductors of a greater diameter »give much more effect; and he then discovered, by continued ex»periments during a few days, the fundamental law of electromag»netism, viz. *that the magnetical effect of the electrical current has »a circular motion round it.*«

This historical survey is characteristic of *Ørsted* in its whole strain and argument, and exhibits in brief his early views on philosophical and physical science. It gives, however, more than that, it gives us information of peculiar interest concerning his discovery of electromagnetism: we get to understand that connection with his general scientific views of the universal significance of the electric forces which he himself so often referred to, and in few words it tells us at the same time what the new thought was which in April 1820 led from the old to the new order of things. This information is contained in the words: »As the luminous and heating effect of the electrical current, goes out in all directions from a conductor, which transmits a great quantity of electricity, so he thought it possible that the magnetical effect could likewise eradiate«, and also: »In composing the lecture, ... he conjectured, that if it were possible to produce any magnetical effect by electricity, this could not be in the direction of the current, since this had been so often tried in vain, but that it must be produced by a lateral action«. We are also told why *Ørsted* in his first experiments used a battery so large »that it will make a conducting wire glowing«.[1] It was owing to the new idea which had led him to try the experiments: »still he supposed that a power, sufficient to make the conducting wire glowing might be required. .... supposing that the magnetical effect would not take place, when heat and light were not produced by the galvanical current«. The new line of thought, or idea, is then as follows: The electrical »conflict« or »interbattle« in the conductor between the opposite electricities produces many effects, partly chemical in the conductor in the direction of the current, partly heat and light effects which radiate in all directions from the conductor; might it not be possible that the magnetical

[1] Ed. Vol. II. P. 215.

effect, so often sought in vain, accompanies these latter and is a special action of the same forces that are found in light and heat rays, just as such different things as wind and sound are due to analogous causes?

Of the very evening lecture in which the first glimpse of the discovery appeared before the eyes of *Ørsted* and his audience we have a brief account by *Hansteen* in a letter to *Faraday* (Dec. 30, 1857). *Hansteen* was *Ørsted's* pupil and was on friendly terms with him until his death, and *Ørsted* encouraged *Hansteen* in many ways and showed him great kindness. The letter which is written in English to *Faraday* does not quite correspond, however, to the picture of friendship revealed by his correspondence with *Ørsted*, the portion of the letter describing *Ørsted's* first experiment runs as follows: »*Ørsted* tried to place the wire of his galvanic battery perpendicular (at right angles) over the magnetic needle, but remarked no sensible motion. Once, after the end of his lecture, as he had used a strong galvanic battery to other experiments, he said, »Let us now once, as the battery is in activity, try to place the wire parallel with the needle«; as this was made, he was quite struck with perplexity by seeing the needle making a great oscillation (almost at right angles with the magnetic meridian). Then he said: »Let us now invert the direction of the current«, and the needle deviated in the contrary direction. Thus the great detection was made; and it has been said, not without reason, that »he tumbled over it by accident«. He had not before any more idea than any other person that the force should be *transversal*. But as *Lagrange* has said of *Newton* in a similar occasion »such accidents only meet persons who deserve them«.«[1]

Hansteen cannot have been an eye-witness of the discovery; it appears from his correspondence with *Ørsted* that he was not in Copenhagen at the time, so his account must be founded on the reports of others. *Hansteen's* remark that *Ørsted* »tumbled over the discovery by accident«, that it was due to a mere chance, is opposed to *Ørsted's* own statement both in the above-mentioned English paper and in other places. *Ørsted* has publicly protested[2] against a similar utterance from *Gilbert*, the editor of *Gilberts* Annalen der Physik, and this protest is all the more worth noticing

[1] Life and Letters of *Faraday* by *B. Jones*. London 1870. Vol. II. P. 389.

[2] Ed. Vol. II. P. 225.

as *Ørsted* did not generally remonstrate when any one tried to depreciate his merit with regard to the discovery of electromagnetism by asserting prior claims or in other ways.

After the succesful issue of the experiment at the lecture, *Ørsted* waited three months until his many duties left him a consecutive space of time to enquire more closely into the matter. He had been successful by following up the idea that the magnetic action of electricity accompanied heat and light rays from a wire which was made incandescent by the electric conflict, it was therefore only natural that for use in his further experiments he procured a battery specially suited for making wires glowing. Such was the battery constructed by him and *Esmarck* which, by the size of its cells, and the very small internal resistance consequent thereon was able to produce a sufficiently strong current to make even long, thin wires glow, and which could moreover, by the mixture of fluids employed, be kept constant for a considerable time. By means of this battery then, in the course of a few days in the month of July the fundamental laws for the direction of the electromagnetic force were found. The question is now: how well were these laws supported? Through what series of experiments was the result reached?

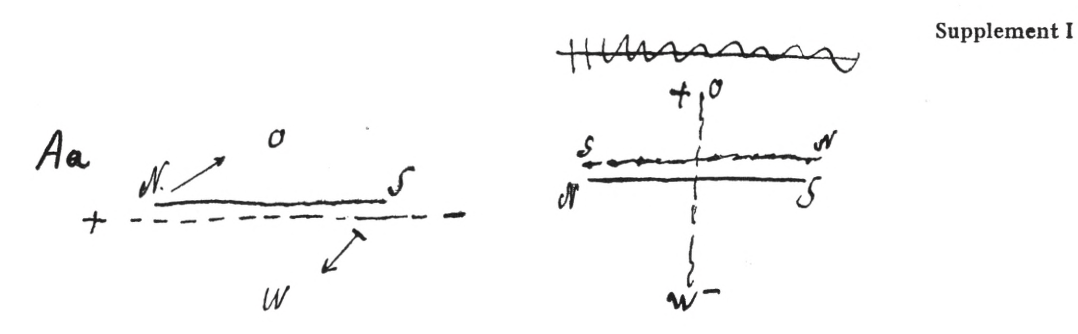
Among *Ørsted's* posthumous papers are found some sheets containing drawings and notes referring to electromagnetic experiments; some are dated July 1820, others are undated, but judging by their contents they must belong to the same time; some of the notes are found in duplicate, f. inst. a draft in the hand of *Ørsted*, a fair copy in somebody else's handwriting with comments by *Ørsted*, or vice versa. We also know from *Ørsted's* own account that there were witnesses when the experiments were carried out, it is therefore not improbable that one of the witnesses assisted in taking down the results of the experiments. These papers, which will now be given in the following,[1] exhibit the course of the experiments and thus show how carefully that substructure was laid, on which the results were built up.

If we imagine ourselves in *Ørsted's* place at the beginning of the experiments we see that he had the following results to start from: he had seen that a conducting wire placed at right angles to the

[1] The sheets will be given under the name of supplements. The drawings and one of the sheets — a part of supplement IV, p. LXXXII—LXXXV — will be given in facsimile, in the others sheets the text will be printed to make there more readable.

magnetic needle had no effect, whereas a conducting wire parallel to the needle showed a lateral action and deflected it; his old notion about a connection between the forces of nature, between electric forces, chemical effects, heat, light, and magnetism, had led to this temporary result and thus assumed increased importance to his mind. He would then probably in the first place wish to try the effect of the electric current in other positions in relation to the needle, and especially to try the effect on each pole separately; but at the same time old thoughts and plans have no doubt crossed his mind, his friend *Ritter's* results with the galvanic pile, his friend *Hansteen's* corroboration of the fact that a magnet would act on a »silver tree« formation, the »arbor dianæ«,[1] the notion of a connection between heat and magnetism, may have obtruded themselves and claimed examination in future experimental investigations. The first sheet of *Ørsted's* electromagnetical papers communicated here shows this very point of view, and though it is undated, it may be taken for granted that it shows the very first working plans from the days in July. Its whole appearance has the character of a draft as shown in the following:

Supplement I



ligeledes maa prøves Traader i horizontal Stilling parallel med Naalen, paa østlig og vestlig Side.

Omdreining ved Electrisk Udstrømning.

En sluttet el. Støtte bragt i samme Stilling mod Magneten som de galvaniserte Traader. — En usluttet ligesaa.

Electrisk Gnist i Therpentinolie nær ved Magnetnaalen.

En umagnetisk Naal bragt i samme Forhold som den magnet. — Blandt andet en Jerntraad.

En stor galvanisk Udladning i Nærheden af en chemisk Metaltrædannelse. —

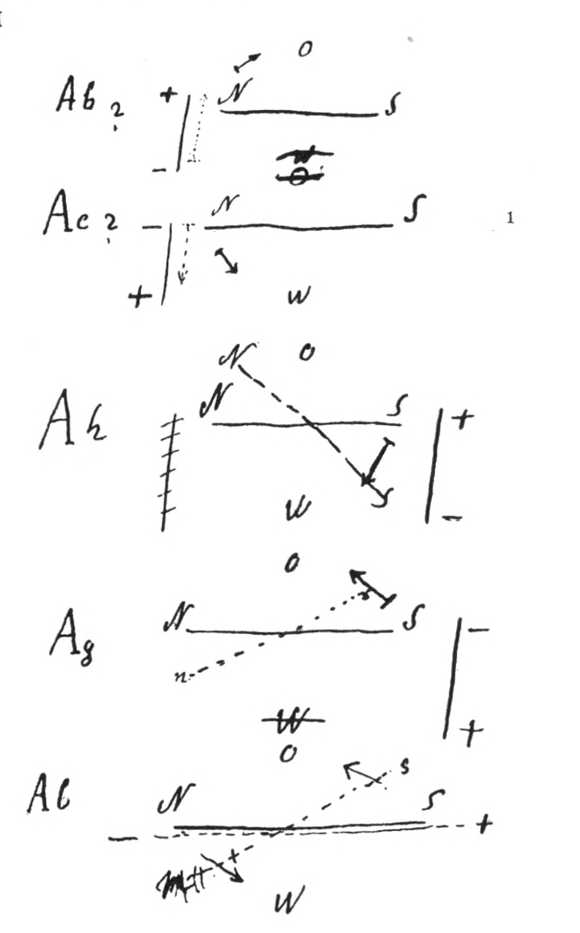
Det samme forsøgt mod en Galvanisk.

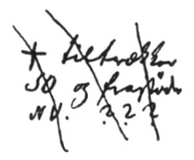
En stor galvanisk Udladning i Nærheden af et sig opløsende Metal.

I Nærheden af en mættet Saltopløsning.

[1] Ed. Vol. II. P. 356.

Supplement I

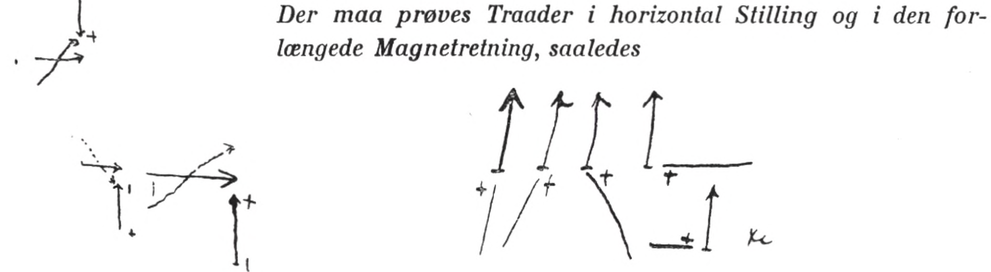


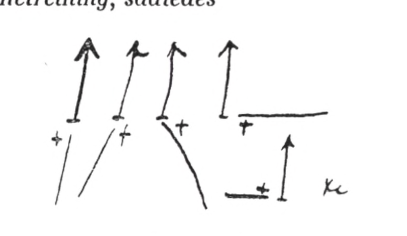


1

En pludselig Afkjølning i Galvanomagneten.
Varm Metaltraad uden Galvanisme bragt i Forhold til Magnetnaalen.
Hvilken Varmegrad er den meest Magnetiske?
Kan en galvaniseret Traad dreie sig mod Nord og Syd?
Skulde ikke en Pind af Træe kunne modtage Polaritet?

Der maa prøves Traader i horizontal Stilling og i den forlængede Magnetretning, saaledes





[1] If these four drawings are compared with the more detailed ones on p. LXXIX it will be seen that the conducting wire is supposed to be held vertically at the poles.

Under the mark *Aa* are first sketched the two experimental results on which the further experiments were to be based, viz. the action of a conductor placed above the magnetic needle in positions parallel to as well as at right angles to it. The needle is denoted by a fully drawn line and its poles by *N* and *S*, while the conducting wire is denoted by a dotted line with + where the positive electricity enters and ÷ where it leaves the conducting wire. Under *Aa* ought also to have been noted *Al*, which is found further down the page, and which indicates the action when the direction of the current parallel to the needle is from *S* to *N*, while *Aa* gives the action when the direction of the current is *N* to *S*. If *Hansteen's* account is correct, *Ørsted* tried both directions already at the lecture and saw that the needle was deflected in opposite directions in the two cases, as indicated in these drawings. Further, it is intimated that new positions of the conducting wire east and west of the needle must be tried, and then follows a series of plans for experiments for showing a further connection between galvanic, magnetic, and chemical effects of the kind mentioned in the English article as leading up to the discovery. Between these plans, under the marks *Ab Ac Ah Ag Al*, are placed 5 drafted drawings of which *Al* has been mentioned above; the other four indicate various experimental arrangements, and the results obtained, of a conducting wire placed vertically with the current flowing up or down near the north or south poles of a horizontal magnetic needle; these experiments have presumably been carried out to try the action of the current on each separate pole. The direction of the deflection of the pole affected is indicated by an arrow. In the two first drawings, *Ab* and *Ac*, the direction of the movement of the north pole has been incorrectly given if, as the drawing seems to imply, we are to imagine that the conductor is held in front of the north pole in the plane of the magnetic meridian; a note of interrogation has been placed against these drawings by the writer. The uncertainty indicated by this may perhaps be explained by the crossed-out remark. If the conductor in *Ab* is held south east of the north pole, this latter will move towards the east; if it is held north east of the pole, it will move towards the west; the cancelled remark shows that this has been observed, but the many notes of interrogation added, and the fact that it has been crossed out indicates that in these first preliminary experiments it was not

yet distinctly perceived that, as long as the position of the wire has not been more sharply defined than by »vertically at the north pole«, the result will be uncertain, even if the direction of the current is indicated. It is this very expression which has been used about the position of-the conductor in these cases in a second sheet, here annexed, where we see formulated the results of the experiments sketched in the first supplement. It is shown how these results were first found with an incandescent platinum wire, but how the experiments were then carried out with non-incandescent wires of divers materials. Of this explanation we have both a draft written in *Ørsted's* hand on acid-stained paper, and an almost identical fair copy in another handwriting. It should be observed that the experiments only concern the action of the electric current on the magnetic needle, the other plans indicated in the first supplement have been laid aside.

Supplement II *En temmelig fiin Platintraad af 3—4 Tommers Længde glødet i vertikal Stilling ved Nordpolen frembragte naar*

den ÷ Leder var nederst Frastødning mod Øst
» + » » » » » Vest } [1]

ved Sydpolen

» ÷ Leder » » » » Vest
» + » » » » » Øst

(i Kladden: »*Traaden glødet over Naalen det samme; men svagere*«)[2]

Glødede Traaden (i Kladden: *langs Naalen*) *i horizontal Stilling 1 Tomme over Magnetnaalen, saa frembragte den følgende Virkninger:*

1) Naar den laae i Magnetens Meridian + Leder mod Syd: Frastødning fra Syd til Øst (i Kladden: *Sydenden stærkere Øst end før*)*—Leder mod Syd: Frastødning mod Vest*

2) ⊥ Magnetens Meridian næsten ingen Virkninger.

En temmelig tyk Metaltraad

af ubekjendt Komposition glødede ikke, men frembragte, vertikal og horizontal igjennem Meridianen samme Virkninger i samme Stillinger, som Platintraaden.

⊥ Meridianen ÷ Øst: ingen Virkning; drejede man den i samme horizontale Plan om en Axe gjennem Kompassets Midte, saa bevægede sig Sydenden mod Vest.

var + mod Øst, vandrede Naalen fra Syd til Øst over 180°, og vedligeholdt sin Stilling, saalænge Traaden under sluttet Kjede forblev i Stillingen (i Kladden: *Forsøg gjentaget samme Stilling kun i modsat Retning. NB. Mistænkeligt*).

Aftoges Glaspladen, viiste sig det samme. Siden efter under en svagere Virkning af Batteriet frembragtes ikke disse Frastødninger.

Stanniolstrimler frembragte under de samme Stillinger de samme Virkninger.

---

[1] Correspond to the doubtful drawings *A b* and *A c* in supplement I.

[2] This must signify that the wire is held vertically above the pole.

Et lodret Rør med caustisk Natron frembragte naar ÷ var nederst ved Sydpolen nogle Afvigninger mod Vest Supplement II

omvendt frembragte modsatte Virkninger.

horizontal + mod Syd Afvigning mod Øst.

— ÷ mod Syd Afvigning fra Syd til Vest.

Gnist ved Nordenden frembragte Afvigelse fra Nord mod Øst.

En Jerntraad No. 13, $1^1/_2$ Fod lang frembragte vertikal og horizontal gjennem Meridianen samme Virkninger som de øvrige ligesaa en Messingtraad af No. 12. Derimod ⊥ frembragte selv under Forkortning til 3 Tommer ingen kjendelig Virkning saaledes som med Metaltraaden.

Kladden lyder: *En Traad $^3/_4$ Al. Jern Magnetens Mer.*

+ mod Syd. Frastødning fra Syd til Øst. omvendt — omvendt.
Lodret paa Magneten
+ mod Vest ingen Virkning
÷ » » ei heller
Traaden forkort. 1 Fod ei heller
9 Tom. ei heller
6 Tom. —
endnu kortere
ingen.

Endvidere i Kladden: *Messingtraad*

+ mod Syd Naalen gik Syd mod Øst
+ mod Nord omvendt
+ mod Øst næsten ingen
+ mod Vest.

Experimentet med . . . . virkede ved svagere Virkning.

The results of the experiments given in the 2nd supplement suffer as yet from some uncertainty, the indications of the position of the conductor in relation to the magnetic needle being not always sufficiently accurate. It was mentioned above that »vertically at the north pole« is not a sufficient indication. In the cases mentioned in supplement II where the conducting wire is first held at right angles to the magnetic needle and is then moved in a horizontal plane above the magnetic needle, the direction of the movement is not indicated; a remark in the draft for this experiment shows that this deficiency has been felt.[1] This uncertainty has been done away with in the third sheet, supplement III, which will now be given. This sheet is dated the 15th of July and contains in systematic order, drawings and explanations of the experiments referring to the action of the conductor on the needle mentioned as performed or planned in the two papers first

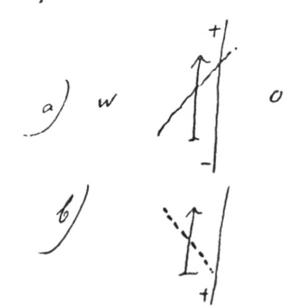
[1] See p. LXXVI. »NB. Suspicious«.

quoted. The sheet now referred to is a folio halfsheet, folded into two quartos, these have again been folded over lengthwise and thus divided in two. Notes and text on the right hand side are written in *Ørsted's* handwriting, those on the left perhaps in that of an assistant. The uncertain statements from supplements I and II of the action of the vertical conducting wire on the north pole have here been corrected under the designation »copy« p. LXXX, and it is implied that the conducting wire is held in the magnetic meridian.

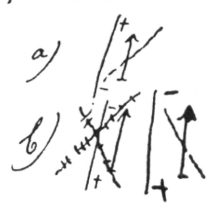
Supplement III

En Metaltraad parallel med Magnetnaalen.

A. Østen for samme



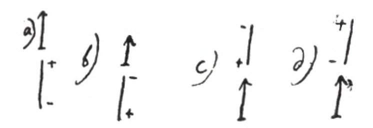
B. Vesten for samme



C. Over Magnetnaalen
a) med + over Nordpol
b) med + over Sydpol

langt stærkere end i A a og B a

D. Metaltraaden i den forlængede Magnetretning



virker svagt

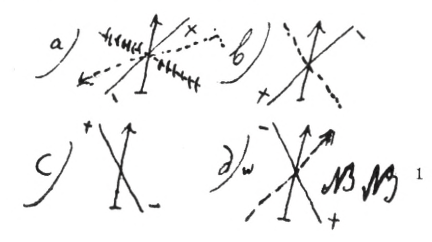
Traadens Art *Naalens Længde*
— Længde $2^1/_2$ *Tom*
— Tykkelse
Skærm af Glas hindrede ei
— af Metal stærkere end ved [?]
— af Træe hindrer ikke
— af Papir
— af Glas og Met. hindrede ei
I Forsøg. Platintraad $^1/_{100}$ *Lin. (?) 9 Tom*

Metaltraaden gjorde Vinkel med Magnetnaalen.

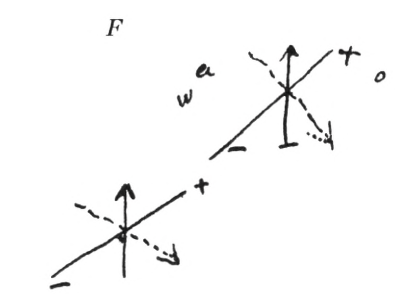
E. Skar den i en ret Vinkel og gjennem Midtpunktet

Ea }
Eb } *ringe Bevægelse*

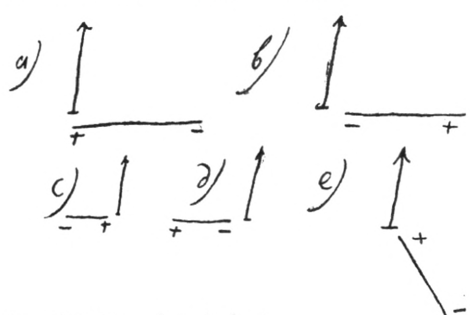
F. Skar den under en spids Vinkel


[1]

F



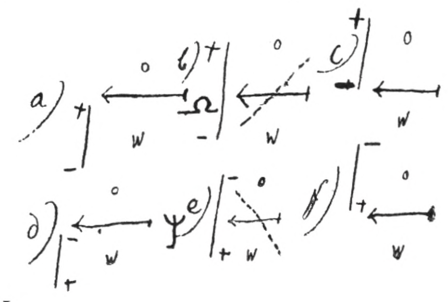
G. Skar den forlængede Magnetnaal

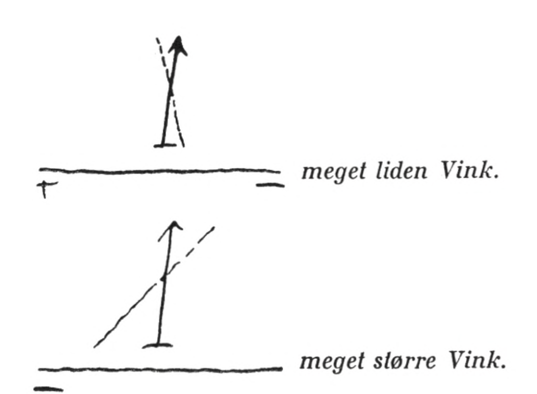




Afvigningen meget svag

H. Metaltraaden lodret



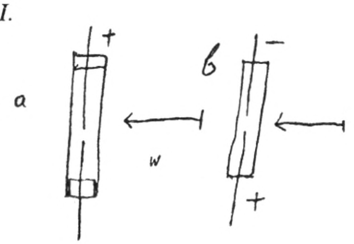


meget liden Vink.

meget større Vink.

I.

a



[1] a) and d) are wrong. a) is corrected on the right hand part of the sheet.

Supplement III *K.*

Copie

repeteret med en Blystribe 7 Linier br.

Copie

d. 15de July[1]

med Blye gav samme Resultat som med Platintraad.
Enden af den negative Leder lagdes ╪ over Magnetnaalen og Udladningen skeede i Syd og Naalen gik mod N.W. Udladningen mod Nord — Naalen i NO.
Enden af den positive Leder lagdes over Naalen. Udladning ved Syd Naalen gik mod NO 50°.
Udladning ved Nord Naalen gik mod NW. 50°.
Enden af Lederen lagdes perpendiculair paa den magnetiske Meridian ingen Bevægelse ved Udladningen.

Supplement III contains the result of the action of the conducting wire on the needle in two main cases: when the conducting wire is held in various different positions parallel to the needle, and when the conductor is held at various acute angles or in different ways under right angles to the needle. Finally it is mentioned that the action is transmitted through various substances. On the last page of the half-sheet we notice how carefully it is indicated whether it is the end of the positive or of the negative conductor which is placed above the needle; this no doubt implies that possibly one or the other of the electricities predominates during the action,[2] a thought which is already contradicted by these experimental results. Furthermore it is the first time that any indication af quantities is given in these notes, the size of the rotation angle being given. This is done largely in the next series of experimental data given in supplement IV.

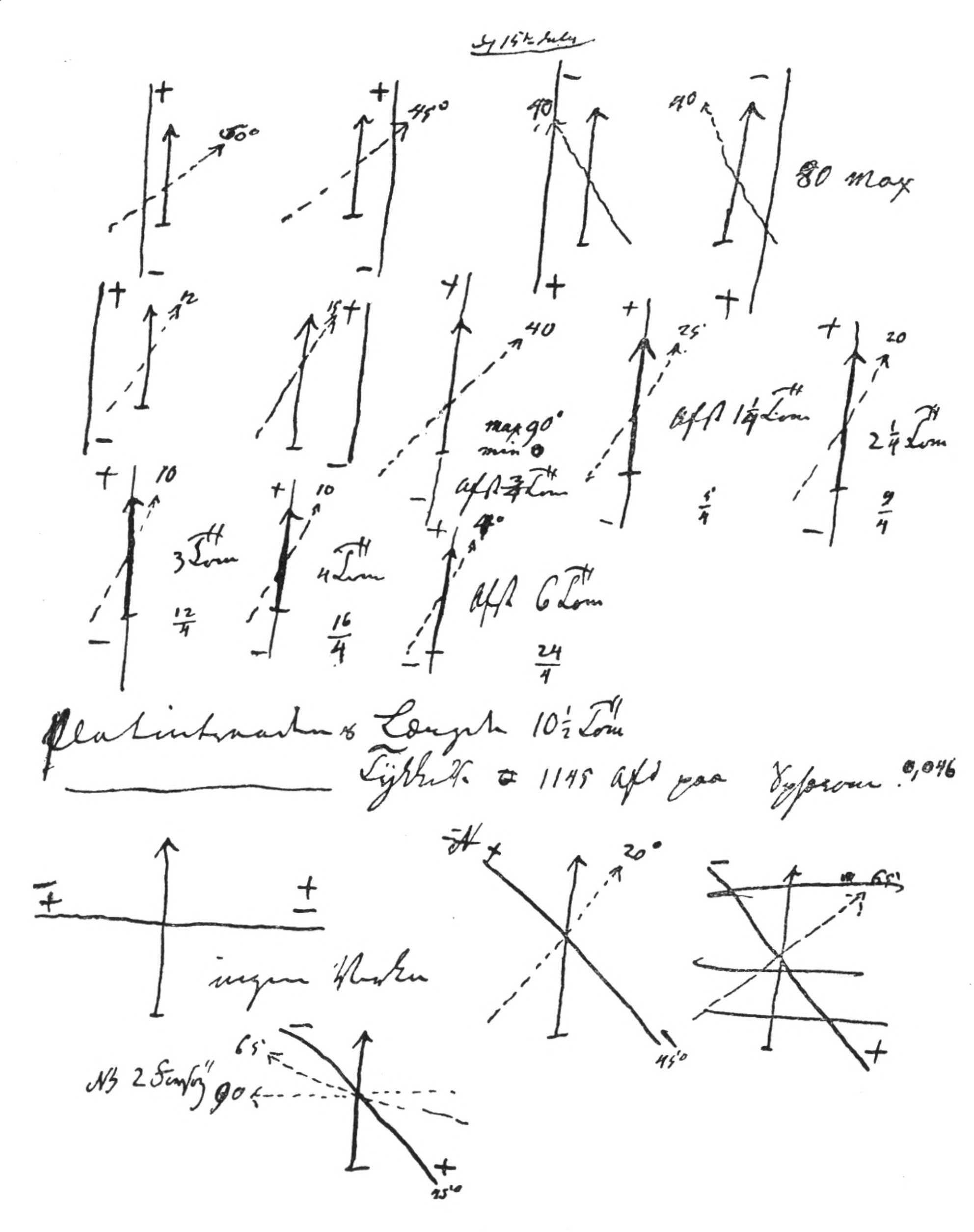
[1] The last page of the half-sheet. [2] The same idea P. LXXXVI. l. 1—4.

In this is given the contents of a larger sheet dated July 15th and three smaller ones which by their contents belong to it. These notes in the main give the material for the famous communication (the programme) of the 21st of July 1820. The contents are primarily a series of systematically arranged drawings giving the results of experiments with the conductor in all sorts of positions relative to the magnetic needle; if we compare this with the contents of the last mentioned sheet (supplement III), we find that something has been omitted and some new material added. The experiments corresponding to *D* and *G*, where the wire lay in the prolonged direction of the magnet, or where the conductor crossed the prolonged direction of the magnet, have been omitted; the reason for this omission is obvious; from the remarks accompanying the experiments we see that the results were uncertain or negative. New additions are: the results of experiments with the conductor below the magnet; observations on the dip of the needle when it is in such a position in relation to the conductor that the force from the latter is not horizontal, the dip has been specially observed when the conductor was parallel to the magnetic needle in the same horizontal plane; finally, an explicit account of experiments in which a vertical conductor was placed in various positions near each of the poles. Further it is proved, by observing the size of the angle when a conductor is held at various distances above the magnet, that the action of the conductor on the pole is diminished with the distance.

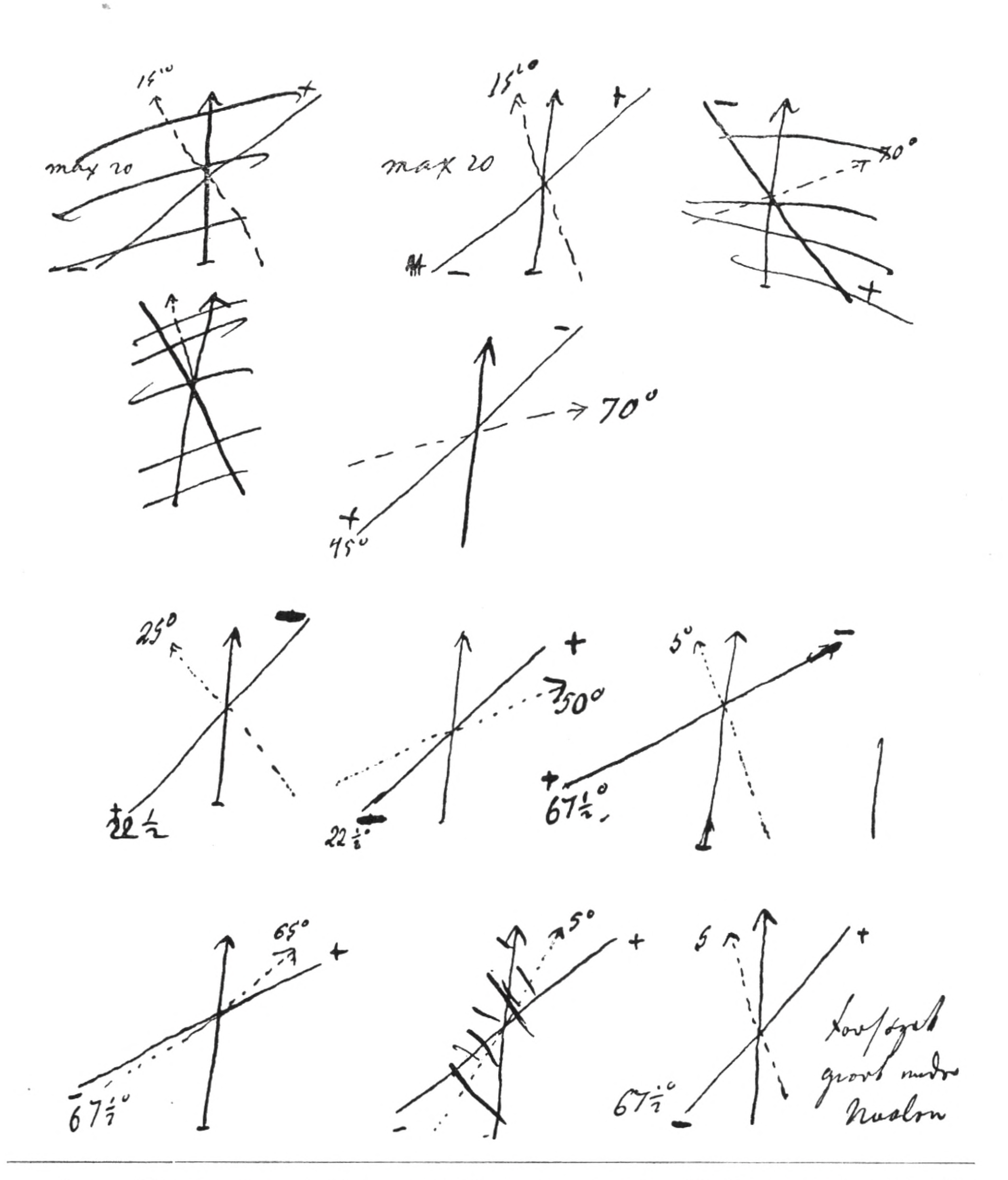
The second main part of the contents is a survey of the results of experiments with the »galvanical fork«. The latter is made of a conducting wire bent in a plane, and gives one turn of a solenoid with a north and a south side. Thus *Ørsted* saw already at this period that a closed electrical circuit acts like a magnet, but he has not sufficiently defined its position to the needle.

After these remarks follows supplement IV. Its first part — the larger sheet — is given in facsimile, in the first place in order to show the character of the drafts and *Ørsted's* handwriting which is easy to read in these pages, and in the second place to show the attempt to arrange the experimental results systematically.

Supplement IV

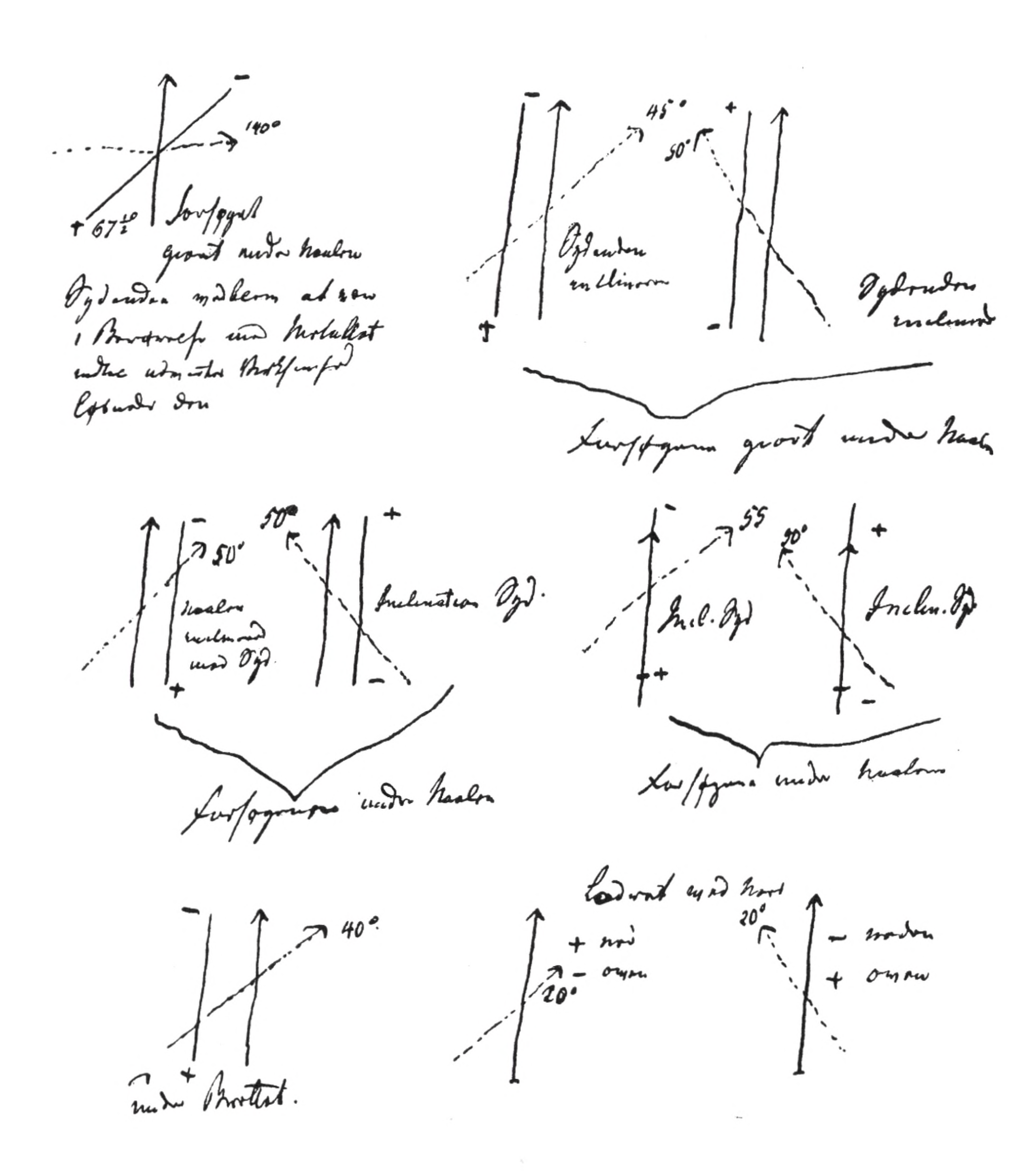


Supplement IV



Some of the drawings on this page illustrate experiments with the conductor under the needle, others the reverse.

Supplement IV



Supplement IV

Lodret, med Sydenden

25° 30° 40°

+ foroven
− neden
+ neden
− oven

+

Traaden dyppet i Vandet ingen Virkning

Traaden i Berøring i Vandet med Nordenden gav begge Sider Tiltrækning

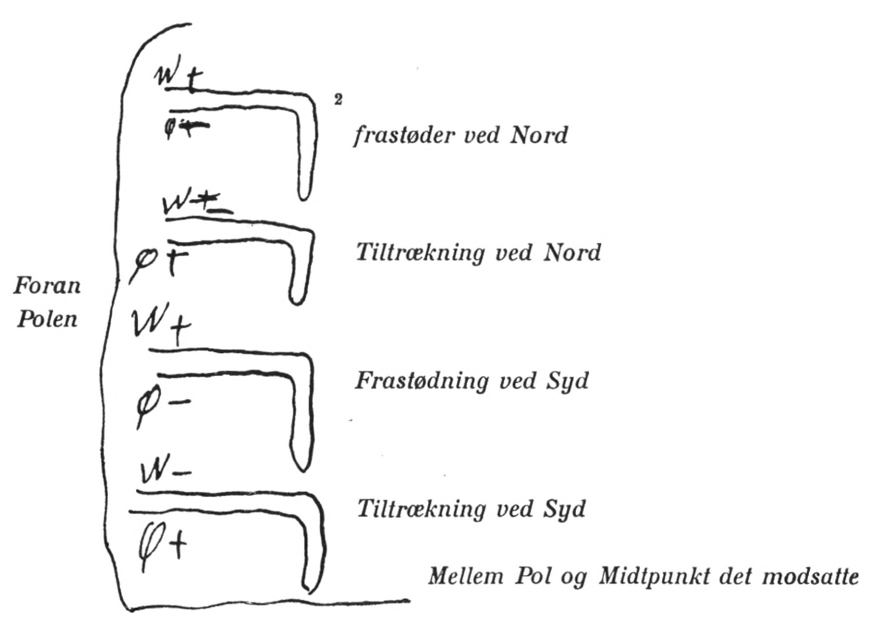
Traaden bøiet i Berøring i Vandet med Sydenden gav begge Sider Frastødning

Det samme skede naar Udladnings-Traaden omgav Vandet i lige Forhold.

+ Enden i Syd
− Enden i Nord } begge i Berøring med Enden gav Fra-
stødning i NO og SW.

Omvendt gav Omvendt

Supplement IV [1] *I Naalens Plan + ved Syd. Nedtrykn.*
— + ved Nord Nedtrykn.
Østen for Naalen
Vesten for Naalen nedtrykte det negative



[3] *Galvanisk Gaffel dens Plan lige for Sydpolen*

den vestlige Del ÷	*- - —*	*Frastødning* [4]
Planen østen for Sydpolen omtrent $^1/_2$ Tomme		
÷ nordlig	*— — —*	*Frastødning*
Planen østen for Nordpolen ÷ nordlig	*—*	*Tiltrækning*
		omvendt Frastødning
Planen lige for Nordpolen, ÷ østlig		*Frastødning*
» vesten » — + sydlig		*Frastødning*
Planen vesten for Sydpolen + nordlig		*Frastødning*
Planen over [5] *Sydpolen ÷ vestlig*		*Frastødning og Nedtrykning*
» over Nordpolen ÷ vestlig		*Frastødning og Nedtrykning*
» under Nordpolen ÷ vestlig		*Tiltrækning*
÷ østlig		*Frastødning mod Vest*
		ei mærkelig mod Øst
» under Sydpolen ÷ østlig		*Frastødning*

Traaden horizontal i en Plan ⊥ paa Magnetnaalen
ved Enden af Sydpolen ÷ vestlig *opad*
omvendt omvendt

[1] The first four lines and the drawings are found on a separate undated sheet.

[2] Drawings of the »galvanical fork«. W + means that the western vertical brauch receives electricity from + pole etc.; there is nowhere any indication as to whether the bend is upwards or downwards. [3] A separate sheet, undated.

[4] The bend is upwards, in all other cases downwards.

[5] The position is insufficiently defined in this case and in the following.

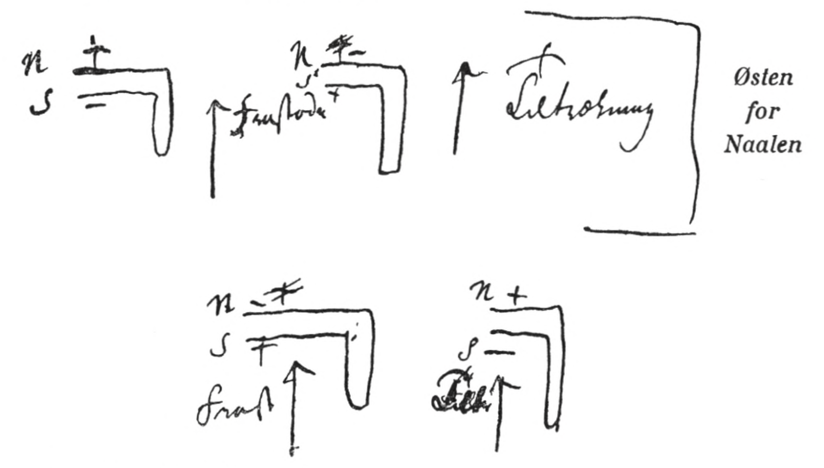
d. 21 Juli[1] **Supplement IV**

Traaden lodret mod Nord | ÷ *oven* |

Paa begge Sider | *Foran Polen østlig Afvigelse*
| *Bagved Polen vestlig*

Ved Sydpolen | + *oven* |

Paa begge Sider | *Foran Polen vestlig Afvigelse*
| *Bagved — østlig Afvigelse*



Negativ i Vest Opløftning.

On a sheet of paper dated July 19th 1820 (supplement V) a further series of experimental results is put down, of which some are mentioned in the programme, others not. The former are investigations with a negative result of the effect of the current on needles of wax, glass and brass, besides the observation that the electromagnetic action takes place unimpeded through screens of wood, glass, an electrophorus plate, porphyry, earthenware vessels with water etc. Among the experiments not mentioned in the programme one is of special interest. It is the observation that a magnet which is held in position by another magnet will nevertheless be moved out of its position by the current; it is perhaps the starting point of a later proposal by *Ørsted* to use a controlling magnet with the multiplier.

Further, some experiments are mentioned where the acting current is closed by a magnet laid over the glass plate of a compass so that the needle in the latter is affected both by the magnet and the current. The position of the magnet is not always so clearly defined that we can judge of the result:

[1] This date and the notes below are found on a small loose sheet. Since the results mentioned are given in the communication of July 21. 1820, the date probably only means that the sheet is to be considered as a draft for part of this communication.

Supplement V

D. 19de Juli 1820.

Ophængte Lak, Glas og Messingtraader afficeredes ikke.

En Magnetnaal der tillige fastholdtes i sin Stilling af en anden Magnet frastødtes dog.

Traaden holdt i samme Flade, hvori Magnetnaalen vandrer, gjør ingen Forandring.

Virkede gjennem Jern næsten umærkeligt.

Befugtet Papir ingen bestemt Virkning.

En Magnetnaal lagt ╪ over Pladen tiltrak Naalen. Den ovenoverliggende Magnetnaals Sydpol berørtes med den negative Leder, Nordpolen med den + Leder: Magnetnaalen, der var ophængt, gik med Syd mod Vest, omvendt omvendt.

Den overliggende Naal havde Nord ⊥ paa den underliggende. Sydenden af den overliggende berørtes med ÷ Leder: den ophængte Naal frastødtes mod Vest.

÷ paa Nord frastødtes mod Øst.

Magnetnaalen lagdes Vesten, ⊥ Nord mod den ophængte.

Nordenden berørtes med + Magnetnaalens Nordpol gik mod Vest.

Virkede gjennem 2 Tommer Træe, ligeledes 3 Tom. virkede gjennem Electrophorpladen, gjennem en Porphyrplade gjennem Vand og en Fajence Talerken.

The notes here quoted, and especially those dated July 15th, are so complete that it was only natural that *Ørsted* should consider the discovery ripe for publication, hence on the 21st of July it was communicated under the title »Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam«.[1] This brief description in Latin was sent on the same day to learned bodies and scholars in all European countries. *Ørsted* saw the significance of his discovery.

As this discovery was of such a remarkable kind the communication first enumerates the distinguished men who witnessed the experiments, next follows a description of the battery employed.

In the preceding pages we have explained how *Ørsted* came to use a battery of such large dimensions, and why he considered it necessary that it should be able to make a metal wire glow.

In order that the communication may be brief he states that he will »pass over all those things which have led him to find out the facts of the matter«, and only mention those things which clearly prove them. Through *Ørsted's* notes it has been shown in the preceding pages what course he took to find out »the facts of the matter«.

The chief contents of the communication are as follows: The electric current — in *Ørsted's* language »the electrical conflict« or »interbattle« in the conductor — acts on a magnetic needle; the direction of the force is a lateral action from out the con-

[1] Ed. Vol. II. P. 214.

ductor, and it has been found in, one might almost say, every possible position of the conductor in relation to the magnet.

A simple rule has been given for finding the direction of the force.

It has been proved that the action of the force does not depend on the intermediate substance between the magnet and the conductor.

The magnitude of the force is found to depend on the distance from the magnet, the power of the battery, and the quality of the connecting conductor.

It has further been perceived that a planary current polygon attracts or repels the pole of a magnet.

Finally, quite briefly, attention has been called to the fact that the »electrical conflict« judging from these experiments is not restricted to the conductor but is communicated to the surrounding space and must be assumed to traverse circles whose planes are at right angles to the conductor.

Ørsted then refers to the opinions formerly advanced by him about light and heat being the results of an electric conflict, and points out how the conception of a circular movement in the medium surrounding the conflict will be of significance for the theory of the nature of light.

After these introductory remarks we shall now proceed to quote the communication in full after an English translation from 1820.[1]

Experiments on the Effect of a Current of Electricity on the Magnetic Needle.[2] *By John Christian Oersted, Knight of the Order of Danneborg, Professor of Natural Philosophy, and Secretary to the Royal Society of Copenhagen.*

»The first experiments respecting the subject which I mean at »present to explain, were made by me last winter, while lecturing »on electricity, galvanism, and magnetism, in the University. It »seemed demonstrated by these experiments that the magnetic »needle was moved from its position by the galvanic apparatus, »but that the galvanic circle must be complete, and not open,

[1] *Thomson's* Annals of Phil. XVI. P. 273—76. London 1820.

[2] »Translated from a printed account drawn up in Latin by the author, and transmitted by him to the Editor of the Annals of Philosophy.«

»which last method was tried in vain some years ago by very celebrated philosophers. But as these experiments were made with »a feeble apparatus, and were not, therefore, sufficiently conclusive, »considering the importance of the subject, I associated myself »with my friend *Esmarck* to repeat and extend them by means of »a very powerful galvanic battery, provided by us in common. Mr. »*Wleugel*, a Knight of the Order of Danneborg, and at the head of »the Pilots, was present at, and assisted in, the experiments. There »were present likewise Mr. *Hauch,* a man very well skilled in the »Natural Sciences, Mr. *Reinhardt*, Professor of Natural History, »Mr. *Jacobsen*,[1] Professor of Medicine, and that very skilful chemist, »Mr. *Zeise*, Doctor of Philosophy. I had often made experiments »by myself; but every fact which I had observed was repeated in »the presence of these gentlemen.

»The galvanic apparatus which we employed consists of 20 copper troughs, the length and height of each of which was 12 inches; »but the breadth scarcely exceeded $2\,{}^1/_2$ inches. Every trough is »supplied with two plates of copper, so bent that they could carry »a copper rod, which supports the zinc plate in the water of the »next trough. The water of the troughs contained ${}^1/_{60}$th of its weight »of sulphuric acid, and an equal quantity of nitric acid. The portion »of each zinc plate sunk in the water is a square whose side is about »10 inches in length. A smaller apparatus will answer provided it »be strong enough to heat a metallic wire red hot.

»The opposite ends of the galvanic battery were joined by a metallic wire, which, for shortness sake, we shall call the uniting »conductor, or the uniting wire. To the effect which takes »place in this conductor and in the surrounding space, we shall give »the name of the conflict of electricity.

»Let the straight part of this wire be placed horizontally above »the magnetic needle, properly suspended, and parallel to it. If »necessary, the uniting wire is bent so as to assume a proper position for the experiment. Things being in this state, the needle will »be moved, and the end of it next the negative side of the battery »will go westward.

»If the distance of the uniting wire does not exceed threequarters »of an inch from the needle, the declination of the needle makes »an angle of about 45°. If the distance is increased, the angle di-

[1] [ɔ: Jacobson].

»minishes proportionally. The declination likewise varies with the »power of the battery.

»The uniting wire may change its place, either towards the east »or west, provided it continue parallel to the needle, without any »other change of the effect than in respect to its quantity. Hence »the effect cannot be ascribed to attraction; for the same pole of »the magnetic needle, which approaches the uniting wire, while »placed on its east side, ought to recede from it when on the west »side, if these declinations depended on attractions and repulsions. »The uniting conductor may consist of several wires, or metallic »ribbons, connected together. The nature of the metal does not »alter the effect, but merely the quantity. Wires of platinum, gold, »silver, brass, iron, ribbons of lead and tin, a mass of mercury, »were employed with equal success. The conductor does not lose »its effect, though interrupted by water, unless the interruption »amounts to several inches in length.

»The effect of the uniting wire passes to the needle through »glass, metals, wood, water, resin, stoneware, stones; for it is not »taken away by interposing plates of glass, metal or wood. Even »glass, metal, and wood, interposed at once, do not destroy, and »indeed scarcely diminish the effect. The disc of the electrophorus, »plates of porphyry, a stone-ware vessel, even filled with water, »were interposed with the same result. We found the effects un»changed when the needle was included in a brass box filled with »water. It is needless to observe that the transmission of effects »through all these matters has never before been observed in elec»tricity and galvanism. The effects, therefore, which take place in »the conflict of electricity are very different from the effects of »either of the electricities.

»If the uniting wire be placed in a horizontal plane under the »magnetic needle, all the effects are the same as when it is above »the needle, only they are in an opposite direction; for the pole of »the magnetic needle next the negative end of the battery declines »to the east.

»That these facts may be the more easily retained, we may use »this formula — the pole above which the negative electricity »enters is turned to the west; under which, to the east.

»If the uniting wire is so turned in a horizontal plane as to form »a gradually increasing angle with the magnetic meridian, the de-

»clination of the needle increases, if the motion of the wire »is towards the place of the disturbed needle; but it diminishes »if the wire moves further from that place.

»When the uniting wire is situated in the same horizontal plane »in which the needle moves by means of the counterpoise, and »parallel to it, no declination is produced either to the east or »west; but an inclination takes place, so that the pole, next which »the negative electricity enters the wire, is depressed when the »wire is situated on the west side, and elevated when situated »on the east side.

»If the uniting wire be placed perpendicularly to the plane of »the magnetic meridian, whether above or below it, the needle »remains at rest, unless it be very near the pole; in that case the »pole is elevated when the entrance is from the west side of the »wire, and depressed, when from the east side.

»When the uniting wire is placed perpendicularly opposite to »the pole of the magnetic needle, and the upper extremity of the »wire receives the negative electricity, the pole is moved towards »the east; but when the wire is opposite to a point between the »pole and the middle of the needle, the pole is moved towards the »west. When the upper end of the wire receives positive electri- »city, the phenomena are reversed.

»If the uniting wire is bent so as to form two legs parallel to »each other, it repels or attracts the magnetic poles according to »the different conditions of the case. Suppose the wire placed op- »posite to either pole of the needle, so that the plane of the parallel »legs is perpendicular to the magnetic meridian, and let the eastern »leg be united with the negative end, the western leg with the po- »sitive end of the battery: in that case the nearest pole will be re- »pelled either to the east or west, according to the position of the »plane of the legs. The eastmost leg being united with the positive, »and the westmost with the negative side of the battery, the nearest »pole will be attracted. When the plane of the legs is placed per- »pendicular to the place between the pole and the middle of the »needle, the same effects recur, but reversed.

»A brass needle, suspended like a magnetic needle, is not moved »by the effect of the uniting wire. Likewise needles of glass and »of gum lac remain unacted on.

»We may now make a few observations towards explaining »these phenomena.

»The electric conflict acts only on the magnetic particles of »matter. All non-magnetic bodies appear penetrable by the elec- »tric conflict, while magnetic bodies, or rather their magnetic par- »ticles, resist the passage of this conflict. Hence they can be moved »by the impetus of the contending powers.

»It is sufficiently evident from the preceding facts that the elec- »tric conflict is not confined to the conductor, but dispersed pretty »widely in the circumjacent space.

»From the preceding facts we may likewise collect that this »conflict performs circles; for without this condition, it seems im- »possible that the one part of the uniting wire, when placed below »the magnetic pole, should drive it towards the east, and when »placed above it towards the west; for it is the nature of a circle »that the motions in opposite parts should have an opposite direction. »Besides, a motion in circles, joined with a progressive motion, »according to the length of the conductor, ought to form a con- »choidal or spiral line; but this, unless I am mistaken, contributes »nothing to explain the phenomena hitherto observed.

»All the effects on the north pole above-mentioned are easily »understood by supposing that negative electricity moves in a spiral »line bent towards the right, and propels the north pole, but does »not act on the south pole. The effects on the south pole are ex- »plained in a similar manner, if we ascribe to positive electricity a »contrary motion and power of acting on the south pole, but not »upon the north. The agreement of this law with nature will be »better seen by a repetition of the experiments than by a long ex- »planation. The mode of judging of the experiments will be much »facilitated if the course of the electricities in the uniting wire be »pointed out by marks or figures.

»I shall merely add to the above that I have demonstrated in a »book published five years ago that heat and light consist of the »conflict of the electricities. From the observations now stated, »we may conclude that a circular motion likewise occurs in these »effects. This I think will contribute very much to illustrate the »phenomena to which the appellation of polarization of light has »been given.

Copenhagen, July 21, 1820.

JOHN CHRISTIAN OERSTED.

In the days following the publication the experiments were evidently continued. This appears from some sheets among *Ørsted's* papers marked E M. The most important are marked E M A and E M B and contain a series of experimental results numbered in succession 1—13. These refer in the first place to a series of experiments of a kind similar to those carried out in the preceding days. Their object is to show in additional ways that the electromagnetical action is independent of the interposition of other bodies between the wire transmitting the current and the poles; f. inst. it is shown that a mirror has no effect. Further it was examined whether there was any lateral electric action on a frog and on a gold leaf electroscope furnished with a point, and finally a fresh set of experimental arrangements of conducting wires and poles relative to each other serves as a further corroboration that the laws already found for the direction of the force hold good in all cases.

Finally there is the statement of a significant new fact: *Ørsted* has seen[1] that a single cell was sufficient to produce »a very marked effect« on the magnetic needle. He further shows[2] that this effect is found even if the conductor consists of potash, water or dilute sulphuric acid when this forms a broad layer, but not if the current is transmitted through water with wires as electrodes. E M A and E M B are to be seen in Supplement VI.

Supplement VI *A* *E. M.*

1) *Magnetnaalen og Lederen kunne befinde sig i samme Vandmasse, uden at Virkningen derfor ophører.*

2) *En Frøe i et Cylinderglas med Vand syntes ikke at føle Indtryk af Lederens Nærhed.*

3) *Guldbladelectrometret forandredes ikke ved at nærmes Lederen, eller berøre den.*

4) *Virkningen tabte sig ikke ved at gaae gjennem et Speil.*

5) *Luftens Fortyndning eller Fortætning i en Glasklokke, synes ei at virke paa en nær Magnetnaal.*

6) *Et Glasrør med to Messingtraade og Potaskeopløsning blev brugt som en Deel af Lederen mellem Z og K i en enkelt Kasse. Om man end gav Traadenes Spidser en nok saa ringe Afstand, naar de kun ei berørte hinanden, skede ingen Virkning paa Magnetnaalen. Dette Forsøg maa dog gjentages med bevægeligere Naal.*

7)[3] *En umagnetisk Naal opstilledes paa en Spids, hvorom den kunde dreie sig. Paa den ene Ende befæstedes lodret en Staaltraad, omtrent $1^1/_2$ Tom. lang, saaledes at*

[1] Experiment 12 under E M B. [2] E M B, 13.

[3] Drawings and notes to experiments 7, 8, 9, 10 are found on an enclosed sheet and are here reproduced on p. XCV; a somewhat improved arrangement of this position of the magnet is mentioned in *Ørsted's* paper in *Schweigger's* Journal für Chemie u. Physik, Vol. 33. (Ed. Vol. II. P. 228) and is recommended as particularly convenient to demonstrate the electromagnetical effect.

Nordenden var neden og Sydenden oven for Naalen. Den gaffelformige Bøining af Lederen virkede paa Polerne saaledes som man umiddelbart kunde forudsee det, af dens Virkning paa den vanlige Magnetnaal.

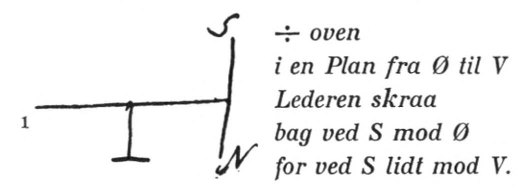
8) *Naar den nærmeste Deel af Lederen stilledes parallel med Magnettraaden, frembragtes ingen Bevægelse, som ligeledes kunde ventes, da den ene Pol altid vilde drives i den modsatte Retning af den anden, og Magnettraaden ei kunde dreies om sit Midtpunkt.*

9) *Lederen dannede en Vinkel af 45⁰ med Horizonten, i en Plan fra Øst til Vest. Retningen fra det Negative til det Positive gik fra oven til Neden:*

a) Bag Sydenden af den lodrette Traad gav den Afvigning mod Øst.
b) Foran samme: Afvigning mod Vest
c) Bag Nordenden: Afvigning mod Vest
d) Foran Nordenden: Afvigning mod Øst.

10) *Lederen parallel med den umagnetiske Naal, og beliggende i en horizontal Plan der skar Magnettraaden mellem Sydenden og Ligevægtspunktet. Retningen fra Negativt til Positivt var fra Syd til Nord. Afvigning mod Østen. Kræfternes Retning omvendt: Afvigning mod Vesten.*

[1]



÷ oven
i en Plan fra Ø til V
Lederen skraa
bag ved S mod Ø
for ved S lidt mod V.

+ oven
foran Afv. Ø
bag Afv. V.
— oven
foran N
Afv. Ø
bag Afv. V.

for N til Øst
bag N til Vest.

Parallel foran SN, ingen Forandring. Ved Siderne ei heller.

Lederen under S.	*Østen for S ÷ fra Syden + fra N mod Østen* *Vesten for, ogsaa mod Østen* *÷ fra Nord + fra Syd. Vesten paa begge Sider.*
Lederen over S.	*÷ fra Syd. Afv. mod V.* *+ fra Syd. Afv. mod Ø.*

Tiltrækninger og Frastødning af Gaffelen, som ved den horizontale Naal.

---

[1] Drawings and notes to E. M. A and B 7—11; they are found on a loose sheet enclosed with the sheets marked E. M.

Supplement VI *B.* *E. M.*

11) *Samme Forsøg, kun med den Forskjel at Lederen laae i en horizontal Plan over Magnettraadens Sydende.*



Retningen af Kræfterne S —— + → N

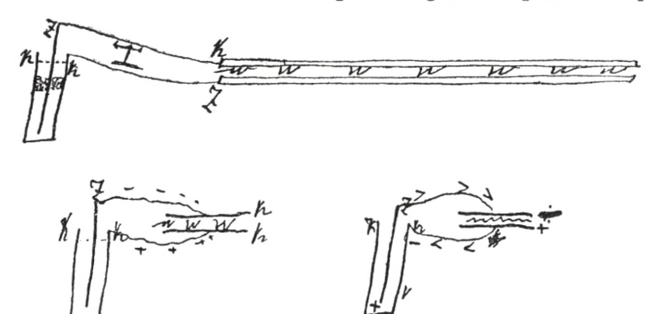
Afvigning mod Vest.

Retningen S + —— → N : *Afvigning mod Øst.*

12) *En enkelt Zink- og Kobberplade til 2 □Tom give med Svovelsyre til flydende Leder en meget kjendelig Virkning paa Magnetnaalen.*

13)[1] *For at prøve om et enkelt Element (Kobberkasse, Zink og syret Vand) kunde give Virkning paa Magnetnaal, naar den faste Leder afbrødes ved en flydende, lagdes et Stykke befugtet Papir mellem to Messingplader af 28 Qvadrattommer, og Zinkpladen forbandtes med den ene, Kobberpladen med den anden. Naar den flydende Leder enten var Potaskevand eller Svovelsyrevand, med yderst lidet Syre, saa viste denne afbrudte Leder endnu Virkning paa Naalen. Lærret i Stedet for Papir gjorde ingen Forandring. Med Vand, som flydende Leder udrettedes intet, i det mindste intet Kjendeligt. To Metaltraade (i Stedet for Pladerne) i et Glasrør fyldt med Potaskeopløsning gave ei heller Virkning.*

[1] On two loose sheets are found the following drawings relating to this experiment.

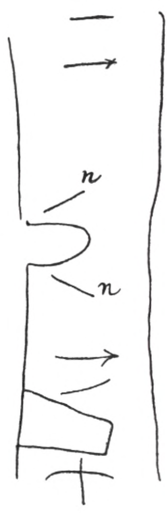


On the 3rd and 4th pages of the sheet marked E. M. B. is written in pencil:

En bred Leder

1) *Magnetnaalen derpaa*
2) *Derudenfor*
3) *Inclination.*

further some rough drafts of a broad conductor; the best of these drafts is reproduced here. These experiments are mentioned in a treatise by *Ørsted* in *Schweigger's* Journal. Vol. 32. 1821, (Ed. Vol. II. P. 231.) and are there used to refute one of *Berzelius'* theories on the cause of the electric action.



The experiments with the single cell were extended and the result was published soon after under the title »Neuere elektromagnetische Versuche«[1] in the July number of *Schweigger's* »Journal f. Chemie u. Physik«, the same number in which the first communication is printed, only some pages further on. This work, then, was evidently finished shortly after the first, and should be regarded as coherent with it as it forms an important supplement to it; as a rule, however, it has been overlooked and forgotten, its contents have even been ascribed to *Schweigger* by people who might otherwise be considered experts. It contains the following results: —

1) The effect of a conducting wire on the pole of a magnet depends on the quantity of electricity and not on its tension; all the effects of the experiments mentioned in the first communication are therefore made more powerful by using a large cell in stead of a battery of smaller cells, and also more powerful by using a cell with large plates in stead of a cell with small ones.

2) The reaction effect is found by showing that a suspended closed circuit is turned by a magnet.

3) It is established in a fresh way that a closed circuit has a north end and a south end just like a magnet.

As the treatise is so often overlooked it is reprinted here[2] in connection with the first communication in order to afford a complete view of *Ørsted's* first experimental electromagnetical papers.

New Electromagnetic Experiments. By Prof. Oersted.

»Since the publication of my first experiments on the magnetic »action of the galvanic battery, I have multiplied my researches »on that subject as much as a multitude of other important avoca»tions put it in my power.

»The magnetic effects do not seem to depend upon the intensity »of the electricity, but solely on its quantity. The discharge of a »strong electric battery transmitted through a metallic wire pro»duces no alteration in the position of the magnetic needle. A se-

---

[1] Ed. Vol II. P. 219.

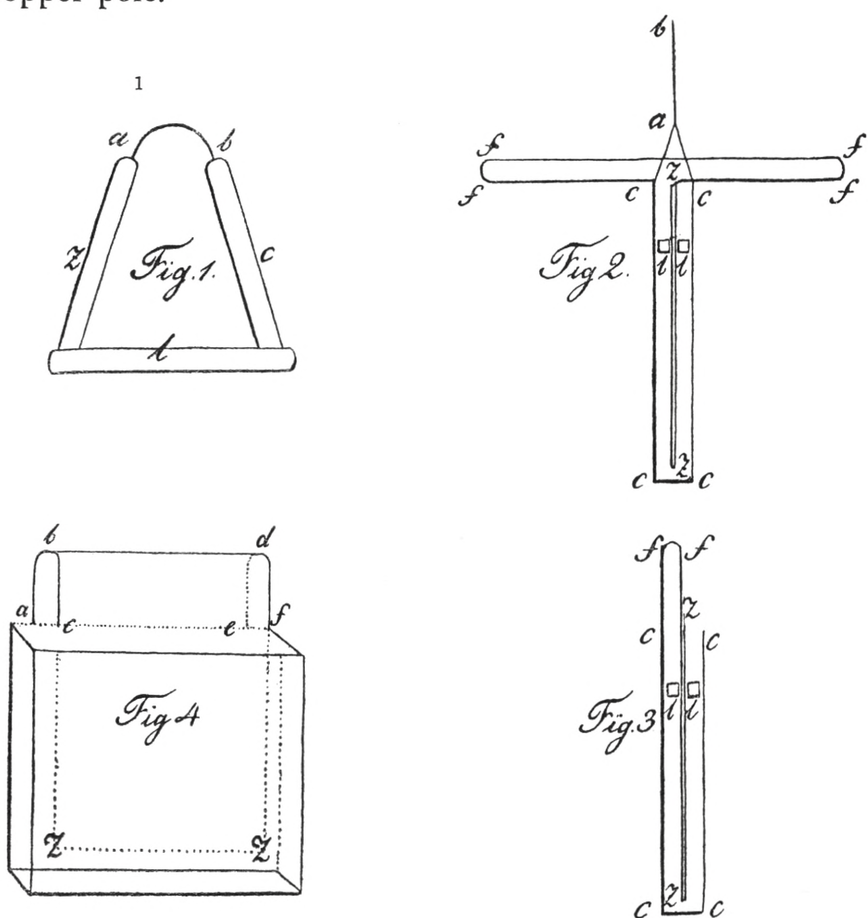
[2] After an English translation in *Thomson's* Annals of Philosophy XVI. London 1820. P. 375—377.

»ries of interrupted electric sparks acts upon the needle by the »ordinary electric attractions and repulsions, but as far as can be »perceived, the sparks produce no electromagnetic effect. A gal»vanic pile composed of 100 discs of two inches square each metal, »and of paper moistened with salt water to serve as a fluid con»ductor, is likewise destitute of sensible effect upon the needle. On »the other hand we obtain the effect by a single galvanic arc of »zinc and copper having for a conductor a liquid possessed of »great conducting power; for example, of one part sulphuric acid, »as much of nitric acid, and 60 parts of water. We may even »double the quantity of water without much diminishing the effect. »If the surface of the two metals is small, the effect is likewise small. »But it augments in proportion as we augment the surfaces. A »plate of zinc, of six inches square, plunged into a vessel of copper »containing the liquid conductor of which I have spoken, produces »a considerable effect. But an arrangement of this kind in which »the zinc plate has a surface of 100 inches square acts upon the »needle with such force that the effect is very sensible at the dis»tance of three feet, even when the needle is not very moveable. »I have not observed greater effects from a galvanic apparatus com»posed of 40 similar troughs; indeed the effect seemed less great. »If this observation, which I have not investigated expressly, is just, »I shall be of opinion that the small diminution of the conducting »power produced by increasing the number of the elements of the »apparatus weakens its electrochemical effect.

»To compare the effect of a single galvanic arc with that of an »apparatus composed of several arcs or elements, let us make an »observation. Let fig. 1, represent a galvanic arc composed of a »piece of zinc *z*, of copper *c*, of a metallic wire *a b*, and of a liquid »conductor *l*. The zinc always communicates a portion of its posi»tive electricity to the water as the copper does of its negative elec»tricity. This would occasion an accumulation of negative electri»city in the upper part of the zinc, and of positive electricity in the »upper part of the copper, unless the communication *ab* re-estab»lished the equilibrium by affording a free passage for the negative »electricity from *z* to *c*, and for the positive electricity from *c* to *z*. »We see then that the wire *ab* receives the negative electricity of »the zinc, and the positive electricity of the copper, while a wire »that constitutes the communication of the two poles of a pile, or

»of another compound galvanic apparatus, receives the positive »electricity of the zinc pole, and the negative electricity of the »copper pole.

[1]



»By attending to this distinction, we may, with a single galvanic »arc, repeat all the experiments which I had at first made with a »compound galvanic apparatus. Employing a single galvanic arc »gives this great advantage, that it enables us to repeat the experi»ments with little preparation and expense. But it presents another »advantage still more considerable; namely, that we may establish »a galvanic arc sufficiently powerful for the electromagnetic expe»riments, and yet sufficiently light to be suspended to a small me»tallic wire, in such a manner that the small apparatus may be »made to turn round the prolonged axis of the wire. We may in »this way examine the action which a magnet exerts on the galvanic

[1] These diagrams are somewhat larger than in the English treatise; they are reproduced after *Schweigger's* Journ. f. Ch. und Physik (Ed. Vol. II. P. 219).

»arc. As a body cannot put another in motion without being moved »in its turn, when it possesses the requisite mobility, it is easy to »foresee that the galvanic arc must be moved by the magnet.

»I made use of different arrangements of the simple galvanic »apparatus to examine the motion impressed on it by the magnet. »One of these arrangements is represented in fig. 2, which repre»sents a perpendicular section of it in the direction of the breadth. »*cccc* is a trough of copper, three inches high, four inches long, and »half an inch broad. These dimensions doubtless may be varied »to infinity. It is only necessary to observe that the breadth ought »not to be great, and thus the trough should be made of plates as »thin as possible. *zz* is a plate of zinc. *ll* are two pieces of cork »which keep the plate in its position. *cffffz* is a brass wire, of a »quarter of a line at least in diameter. *ab* is a brass wire as fine »as possible, so as to be able to bear the weight of the apparatus. »*cac* is a linen thread uniting the wire to the apparatus. The »trough contains the liquid conductor. The conducting wire of »this apparatus will attract the north pole of the needle when it is »placed on the left side of the plane *cffffz*, considered in the di»rection *fz*. On the same side the south pole will be repelled. On »the other side of this plane, the north pole will be repelled, and »the south pole attracted. That this effect may take place, we must »not place the needle above *ff*, nor below *fz* or *fc*. If instead »of presenting a small moveable needle to the conducting wire we »present near one of the extremities *ff* one of the poles of an ener»getic magnet, the attraction or repulsion indicated by the needle »will put the galvanic apparatus in motion, and will turn it round »the prolonged axis of *ab*.

»If instead of the conducting wire we take a large ribbon of »copper of the same breadth as the plate of zinc, the effect differs »from that which we have just mentioned only in being much »feebler. On the other side we increase the effect a little by making »the conductor very short. Fig. 3 represents the perpendicular »section of this arrangement in the direction of the breadth of the »trough. Fig. 4 exhibits the same arrangement in perspective. It is »obvious that *acbdef* represents the conducting plate, and *czzf* »the plate of zinc. In this arrangement the north pole of the needle »will be attracted towards the plane of *abc*, and the south pole will »be repelled from the same plane. *edf* will have contrary effects.

»Here we have an apparatus whose extremities act like the poles »of the needle. But it must be acknowledged that only the faces »of the two extremities, and not the intermediate parts, have this »analogy.

»We may likewise make a moveable galvanic apparatus of two »plates, one of copper and one of zinc, twisted into a spiral, and »suspended in the fluid conductor. This apparatus is more move»able; but more precautions are necessary not to be deceived when »we make experiments with it.

»I have not yet found a method of making a galvanic apparatus »capable of directing itself towards the poles of the earth. For »this object it would be necessary to possess apparatus much »more moveable.«

It appears from these two papers from 1820 that *Ørsted* has not confined himself, as it has often been represented later on, to show that there is a force which acts between an electric current and a magnet, but he has furnished the whole foundation for the knowledge of the action of this force through systematic experimental research.

From the moment that *Ørsted's* discovery became known it created an enormous sensation. The results communicated were so astounding that they were received with a certain distrust, but they were stated with such accuracy that it could hardly be permitted to entertain any doubts. The treatise itself was thus a strong inducement to put the results to a test; as *Ørsted* had given no real description of his way of proceeding, each scientist made the experiments in his own way, and many of those who repeated them were thus led to consider themselves and others *Ørsted's* equals in this field of research, and published their work as new-discoveries even if their results were in reality to be found in *Ørsted's* communication. The language of the latter also impeded the understanding and was responsible for the defective comprehension of its contents. Even in 1820 scholars were no longer very intimately acquainted with Latin, and in the course of a short time the treatise was translated into all the chief languages; into Danish by *Dyssel* in 1820.[1] Two important new-discoveries followed quickly after

[1] In *Rahbek's* Hesperus, 4th Number, 1820, p. 312—27. The translation also comprises »Neuere elektromagnetische Untersuchungen«. Ed. Vol. III.

the discovery had become known in France. On the 18th of Sept. *Arago* made the communication in the French Academy that an electric current can magnetise iron, and on the 25th of Sept. *Ampère* was able to communicate in the same place that parallel electric currents act on each other.

All were soon imbued with the excessive importance of the discovery and the reviews were filled with electromagnetical treatises. In 1821 *Schweigger* began a new series of his »Journal für Physik und Chemie« on the ground that *Ørsted's* experiments were the most interesting which had been made in the domain of magnetism for the last century, and that a new era would open with them.[1] *Ampère* saw the matter in the same light[2] »M. *Ørsted* . . . . a pour jamais attaché son nom à une nouvelle époque. . . . . Ce savant professeur danois a ouvert, par cette grande découverte, une nouvelle carrière aux recherches des physiciens.« In 1821 the German physicist *Erman* wrote in a work on *Ørsted's* magnetism:[3] »Von der überschwenglichen Wichtigkeit der *Örsted*schen Entdeckung kein Wort: diese Sache oder keine in der Welt spricht von selbst.«

In England, too, the discovery received full credit. In 1821 *Faraday* wrote a historical survey of the evolution of electromagnetism up to April 1821.[4] Though only 8 months had passed since *Ørsted's* communication, so much had already been written that *Faraday* found it very difficult to make head or tail of the many works, of what had been done and by whom »in consequence of their great variety, the number of theories advanced in them, their confused dates, and other circumstances«.[5] He then undertook to go through systematically »with great labour and fatigue« everything that had appeared in journals and other places. He gives full credit to *Ørsted's* work; about the first communication he writes: »It is full of important matter, and contains, in few words, the results of a great number of observations; and with his second paper,

[1] *Schweiggers* Jahrbuch der Chemie und Physik Bd. 16. S. 13. Halle 1826. *Schweigger* »Ueber Elektromagnetismus«: »So vorbereitet übrigens die Entdeckung des Elektromagnetismus war: so musz man doch gestehen, dasz, als er wirklich durch *Oersted's* glänzende Entdeckung, zur Erscheinung und in unsere Gewalt kam, man sich hierdurch in eine ganz neue, bisher in solcher Art von niemanden auch nur geahnete, Welt versetzt fühlte. Es schien mir daher schicklich, in dem Jahrbuche für Chemie und Physik einen Hauptabschnitt zu beginnen« . . . .

[2] Journal de phys. Vol. 94. P. 61. Paris 1822.

[3] Umrisse zu den physischen Verhältnissen des von Herrn Professor *Örsted* entdeckten elektro-chemischen Magnetismus. Skizzirt von *P. Erman*. Berlin 1821. P. 1.

[4] *Thomson's* Annals of Philosophy. New series. London 1821. Vol. II. P. 195 & 274. Vol. III. P. 107. [5] l. c. P. 195.

comprises a very large part of the facts that are as yet known relating to the subject.«[1] He acknowledges *Ørsted's* discovery to be not only a lucky chance but the fruit of a deliberate search: »Mr. *Ørsted* . . . has, for many years, been engaged in inquiries respecting the identity of chemical, electrical, and magnetic forces; . . . his constancy in the pursuit of his subject, both by reasoning and experiment, was well rewarded in the winter of 1819 by the discovery of a fact of which not a single person beside himself had the slightest suspicion; but which, when once known, instantly drew the attention of all those who were at all able to appreciate its importance and value.«[2]

In spite of this unanimous appreciation of the significance of the discovery, *Ørsted's* merits in the matter and the value of his work gradually became obscured. The point of view which was little by little generally adopted was this: *Ørsted* had by chance discovered the fact that an electric current may deflect a magnetic needle, but all the closer investigation of the matter had been made by others. *Faraday's* perception of the connection of the discovery with *Ørsted's* earlier views, and his recognition of the weighty contents of the papers from 1820 was only shared by few, or was at any rate forgotten.

The reason why this point of view gained ground must be sought in various causes. Of no slight significance was the fact that this opinion was held by a man who had the means and the power to communicate it to others, viz. *Gilbert*, the editor of »Annalen der Physik«. *Gilbert* considered it the principal mission of his life to give his wide circle of readers an idea of the progress of science by means of his »Freie Bearbeitungen« of new scientific papers published in his periodical. To judge from his reports of electromagnetical researches he was not equal to this task; but although some of his contemporaries looked upon his activities in this domain with criticism,[3] he certainly exerted considerable influence in this way.

Gilbert translated *Ørsted's* communication and published it in vol. 66 of his review[4] in the October number of 1820, together with an account of experiments made in order to confirm its results, all accompanied by critical or explanatory comments.

[1] l. c. P. 196. [2] l. c. P. 195.

[3] *Hansteen* in a letter to *Ørsted* in 1819 complains that his only scientific nourishment is the »Zerrbilder« which »*Gilbertchen*« compiles under the title of »Freie Bearbeitungen«.

[4] *Gilbert's* Annalen der Physik. Bd. 66. Berlin 1820. P. 291.

He declared the discovery to be a mere accident: »Was alles Forschen und Bemühen nicht hatte geben wollen, das brachte ein Zufall Hrn. Professor *Oersted* in Kopenhagen.« — He complained that the communication was written in Latin, and in many places found it so obscure that misapprehension could hardly be avoided; his remarks show, however, that this is not due to *Ørsted's* language, but to *Gilbert's* deficient conception. He has f. inst. misunderstood the experiments by *Ørsted* which produce inclination,[1] and does not understand the use of the galvanical fork, though the description is clear enough.

From the beginning he met *Ørsted* with distrust, but had more confidence in his friends: »Von Hrn. *Oersted's* Versuchen wuszte ich anfangs nur von hören sagen. So bald mein Misztrauen durch die Ansicht der Ankündigung, durch die Namen *Hauch, Jacobsen* u. a. als Mitarbeiter und Zeugen, und durch die Genfer Versuche entfernt war«[2] . . . he repeated the experiments himself.

He also disparaged the merit of *Ørsted* by assigning to repeaters and witnesses a great deal of the credit for the experiments, and especially by only casually touching upon the experiments in *Ørsted's* second treatise, and in such a way that the honour of priority was not with certainty ascribed to him: »Die merkwürdigen Versuche, auf welche die Entdeckung des Hrn. *Oersted*, ihn und seine Kopenhagnerfreunde, so wie H. H. *Pictet* und *De la Rive* in Genf, und Hrn. *Arago* in Paris geführt hat . . . . vor allen andern ab Hrn. *Ampère* . . . . würden nur wenigen zugänglich seyn, wenn sie in der That so mächtiger galvanisch-electrischer Apparate bedürften, als die Urheber dieser Versuche geglaubt zu haben scheinen. . . . . Zu diesen Versuchen sind sie aber völlig überflüssig, und ein aus einem einzigen Par Electromotore neuerer Einrichtung bestehender Apparat reicht hin«.[3] Here, we see, he does not mention that »der Urheber« himself had discovered this, and yet, 5 pages further on,[4] the observation is made that *Ørsted* had perceived it, which shows that the paper must have been known to *Gilbert*. *Ørsted's*

[1] The French translation in Bibl. universelle des sciences. Genève 1820. P. 274—84, has the same misunderstanding and another in the description of the galvanical battery; in Giornale di fisica, chimica e storia naturale da. *L. Brugnatelli,* III, Pavia 1820. P. 174—78, an Italian translation after the communication in Bibl. univers. has the same mistake.

[2] Annalen d. Phys. Bd. 66. P. 294.

[3] *Gilbert's* Annalen d. Phys. Vol. 66. Berlin 1820. P. 332.

[4] l. c. P. 337.

description of the discovery of the reaction-effect he has not understood.

That *Gilbert's* way of stating the case was not without significant consequences is seen from his successors.

Pfaff, Professor at Kiel published a book in 1824 with the title: »Der Elektromagnetismus, eine historisch kritische Darstellung«, in which he speaks about *Ørsted's* »lucky find«, where he plainly utters a doubt that, as asserted by *Ørsted*, there was a connection between this »find« and *Ørsted's* earlier views. In surveying *Ørsted's* experiments he did not mention that *Ørsted* had discovered the action of a magnet on a circuit, but stated that *Schweigger* was the first who tried to find such an action.

In *Gilbert's* Annalen, Index, 1826, p. 221, under the section Electromagnetism the following reference is found: »Vol. 66. 350 A. *Schweigger* bemerkte zuerst dasz ein einfacher Elektromotor aus Zink und Kupfer stärker wirkt als eine galvanische Batterie . . . .« It is of interest to compare with this a note by *Schweigger* on *Ørsted's* paper No. 2 in his journal, referring to the passage where *Ørsted* states that a single cell may be employed. The paper must have come into *Schweigger's* hands shortly after the first one, as it is found in the same number. The note runs as follows: — »Vergl. die lateinische Abhandl. S. 275 dieses Hefts. Es ist diesz eine der bedeutendsten unter den neuern physikalischen Entdeckungen, die für die Wissenschaft von groszen Folgen seyn wird. Durch gegenwärtige nähere Erläuterungen werden die Leser in den Stand gesetzt, die Versuche auf eine einfache Weise zu wiederholen und sich von der Wichtigkeit der *Oersted*schen Entdeckung selbst zu überzeugen. Seit *Galvani's* erstem Versuch ist vielleicht kein wichtigerer für die Lehre der Elektricität und des Chemismus angestellt worden als der *Oersted*sche.«

It is indeed curious that is has been possible to ascribe to *Schweigger* the discovery that the single cell can be used, in spite of his own words. If we look up the page in vol. 66 of Annalen der Physik referred to in the index, the discovery is not mentioned there at all; the reference is a mistake; it can only be an effect of the atmosphere of the *Gilbert* papers in the same number.

The effect spreads further: *Fechner*, Elementar-Lehrbuch des Elektromagnetismus, Leipzig 1830, only quotes *Ørsted's* Latin paper, does not mention that he has found the reaction effect, and

writes: »*Oersted* selbst scheint sich, nachdem er dem ersten Anstosz gegeben, wenig mehr mit dem Elektromagnetismus beschäftigt zu haben«.[1] From a note on the first page it is seen that *Gilbert's* Annalen and its Index are the sources of reference employed, and among the original treatises none by *Ørsted* except No. 1 is mentioned.

In *Ostwald's* Edition of Classics No. 63, Electromagnetism, only *Ørsted's* first paper in *Gilbert's* translation is reprinted; two of *Gilbert's* mistakes have been corrected in the notes, and *Ørsted's* second paper is mentioned but not reprinted, whereas an elaborate paper by *Seebeck* is reprinted which only gives repetitions in a ponderous form of *Ørsted's* experiments.

In 1849 an attempt was made in the German press to rob *Ørsted* of the honour of the discovery of electromagnetism. He was informed of it by a letter[2] from *Reedtz* who was then staying in Berlin. On the 26th of August the latter stated that an article had appeared a fortnight earlier, in »Constitutionelle Zeitung« in which it was asserted that it was *Reedtz* and not *Ørsted* who had accidentally become aware of »the chief phenomenon of electromagnetism«. It was not until some time after the appearance of the article that *Reedtz's* attention was directed to it, but then by several people f. inst. by *A. von Humboldt*. As the statements in the article were definite and detailed, *Humboldt* and *Reedtz* agreed that the latter should publicly refute them. *Reedtz* sent both articles to *Ørsted* expressing the hope that he had not already seen this attack and wondered that *Reedtz* had not replied to it. If the article should have found its way into Danish papers *Reedtz* asks *Ørsted* — not for his own sake, as that is superfluous, but for *Reedtz's* — to insert the reply. The draft for *Ørsted's* answer is written on *Reedtz's* letter. The matter itself evidently made no great impression on *Ørsted*, at any rate his letter contains nothing to indicate it, but only an assurance that he would never dream of thinking *Reedtz* capable of appropriating to himself the honour of the discovery »but I owe you my thanks for having disproved this insidious appropriation and at the same time expressing sentiments so kindly and creditable to me.«

As a contrast to this it may be mentioned that a few years before, on a festive occasion, *Ørsted* had been the object of an ovation in Berlin at which he was called *Columbus-Ørsted*, because like

[1] *Fechner:* Elementar-Lehrbuch des Electromagnetismus. P. 124. Leipzig 1830.
[2] *Ørsted's* unedited letters. B. U. H. Kbhvn.

Columbus he had looked towards his goal for so many years and at last had the good fortune to reach it.[1]

The said attempt to rob *Ørsted* entirely of the honour of the discovery of electromagnetism did not remain the only one.

For the sake of completeness we mention a German pamphlet from 1874, maintaining that *Schweigger*, not *Ørsted*, was the discoverer of electromagnetism. The same assertion has been set forth by *F. Richarz* in 1915[2] with reference to a treatise written by *Schweigger* in 1808[3]; the whole is a mistake; the treatise only deals with a special form of *Coulombs* torsion balance. All that is needed to refute these assertions is to refer to *Schweigger's* own notes on *Ørsted's* papers in 1820.

While, then, the development in Germany tended to depreciate *Ørsted's* merit, in France it was somewhat different, it was not disparaged but forgotten on account of *Ampère's* researches and theories which created the greatest sensation and interest. The cause of this is not difficult to see. *Ørsted* certainly had several ingenious ideas, but as a general rule his theoretical views were neither clearly nor consistently worked out.

Already in the communication of the 21st of July some ideas about the electromagnetical mode of action were briefly set forth, they were simply and plainly formulated. *Ørsted* figures to himself that »the electrical conflict« is not restricted to the conductor, but also takes place in the space outside it, and that the two electricities which in each place are alternately united and separated, in the conductor as well as outside it, move in spiral lines (turned from right to left) whose individual windings are almost circles. The negative electricity is presumed during its flow to act propulsively on the north pole, the positive electricity in the same way on the south pole, the magnetic particles being impenetrable to the conflict, whereas all unmagnetic ones are penetrable; in this way the movement of the magnetic needle becomes a sort of conveying movement. Here, then, for the first time was set forth the idea of a special condition of the medium surrounding the conductor, of a circular field of force around it.

These ideas, comparatively clearly expressed, were not maintained, however, in the succeeding papers, among which there

[1] Letter from *Ørsted* to his wife 1843. B. U. H.

[2] Die Kultur der Gegenwart: Physik. P. 273. Leipzig 1915.

[3] *Schweigger:* »Ueber die Benutzung der magnetischen Kraft bei der Messung der elektrischen«. *Gehlens* Journal für Chemie u. Physik Bd. VII. 1808.

are two of substantially the same contents. One is found in the Videnskabernes Selskabs Oversigter for 1821,[1] the other in *Schweigger's* Jahrbuch 1821.[2] The latter is the most explicit. Two essential changes had taken place in *Ørsted's* notions. He now supposed that both electricities acted on each pole, the negative electricity repelling the north pole, the positive attracting it, and vice versa with the south pole. The idea of a simple conveying movement of flowing electricity at those points of the medium where the poles are, cannot be reconciled with this. Furthermore, among his assumptions he only emphasises »that the course of the electric forces in the conductor is a spiral line«, but not that it is so outside the conductor; in some cases he assumes this, in others not. He imagines that the »electrical forces« leave the conductor in the direction of tangents to the surface of the conductor. Starting from this conception he seeks to explain the mutual action of parallel currents and here includes the presupposition that the »forces« outside the conductor continue in straight lines, that they meet and act on one another like opposite electricities.

So *Ørsted's* theories had the same fate as hitherto, they were too vague to bear mathematical treatment, hence the value of the first ideas was not perceived. His theoretical writings even conduced to divert the attention from the really valuable work given by him in the two experimental treatises, even if nobody could rob him of the honour of having first seen the magnet move under the influence of the electric current.

Whenever he returned to his theory later, in lectures and smaller treatises, he made use of it in its first, simple form, where the medium surrounding a conductor is supposed to be polarised, thus it was this form he made use of in his argument in a lecture he delivered at a Meeting of Scientists at Berlin in Sept. 1828 where he spoke »ganz frei eine halbe Stunde lang«, and took a survey of his theory and its significance; the same was the case where he explained the relation of the theory to the induced currents,[3] and it is found again in a manuscript for lectures on electromagnetism in 1845, but the treatise in *Schweigger's* Journal for 1821 has caused the fundamental notion to become obscured, the notion of the circular field of force surrounding a conductor, produced by the po-

[1] Ed. Vol. II. P. 447. [2] Ed. Vol. II. P. 223. [3] Ed. Vol. II. P. 484.

larisation of the medium, the precursor of *Faraday's* ideas of a similar kind.

After the experimental work on electromagnetism in 1820, and the theoretical account of it in the spring of 1821, *Ørsted* in all essentials stopped his researches on this subject and turned his attention to other important domains. »In the immediately succeeding years he did indeed continue his electromagnetic experiments, but these rather led to a further corroboration of certain ideas than they made any fresh addition to science«, he writes in 1828.[1] Only occasionally when the works of others attracted his attention or the theories of others on electromagnetism seemed absurd to him, did he revert to the subject. »Yet he found when using the electromagnetic multiplier, discovered by *Schweigger*, that when two bodies are immersed at different times in a fluid, an electric current is set up« he writes in continuation of the passage quoted above. This enquiry[2] which he thus — curiously enough — calls attention to after the lapse of seven years, was carried out in 1821, and was induced by similar observations made by others; it is more the outcome of his interest in the causes of the production of a current than in electromagnetism, but during these years *Ørsted* was inclined to class an experiment as electromagnetic if it only employed the magnetic action of the current.

A small paper[3] in the form of a letter to *Schweigger* dated 9/9 1821 was likewise caused by the works of others. It is partly of a theoretical nature and defends and explains his spiral theory against scepticism and misapprehension. The paper also contains the description of an experiment, occasioned by an account by *Yelin,* according to which a conductor returning upon itself was said to behave like a piece of unmagnetic iron to a magnet. *Ørsted* now carried something of the same sort into effect by suspending an elliptic circuit perpendicularly and in such a position that it was able to revolve round the minor axis. When he lets a current enter and pass out at the extremeties of the axis, the two halves of the conductor will be traversed by currents in the same direction, i. e. get opposite poles, so that f. inst. the two sides of the plane may very well be attracted or repelled by the same magnetic pole. He adds after the description: »Man darf wohl åber hoffen, dasz Hr. *von Yelin,* wenn er sich nicht getäuscht hat, uns die Bedingungen

[1] Autobiogr. P. 538. [2] Ed. Vol. II. P. 251. [3] Ed. Vol. II. P. 246.

des Versuchs näher angeben wird«.[1] He evidently distrusted *Yelin's* powers of observation and experimental skill.[2]

Ørsted, however, formed schemes in 1821, for dealing with series of subjects of partly electromagnetic nature and with more comprehensive results in view, mainly with the intention of showing a connection between different forces of nature, but the schemes were not realised. Among his papers we find two sheets — reproduced below in Supplement VII — dated the 1st of April and the 6th of May 1821 which show that the plans have

At forsøge
optegnet 1ste Apr. 1821

Supplement VII *1) At smelte ved Galv. Jerntraad, indsluttede i Harpix, i Therpentinolie, i Brindluft. Man eftersee om de derved vorde saa skjøre, som naar de smeltes ved samme Middel i Luften.*

2) At give Metaltraade, især Jerntraade en glødende Udladning, saaledes at Qviksølv udgjør en Deel af Buen, og virker i denne Tilstand paa Jernet.

3) Kunde man ei frembringe en Efterligning af Polarlyset, ved en magnetisk Condensator af stor Virksomhed? — Vort Apparat tykke Ledningstraade.

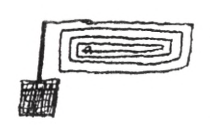
4) At prøve hvorvidt man kan magnetisere med Condensatoren. Skulde man ikke kunde anvende denne Magnetisering til sand Forhøielse af vore Magnetkræfter.

5) Kan ei en Metaltraad, ved at behandles som en Jerntraad man galvanisk magnetiserer, faae den Egenskab at tiltrække Jernfiilspaan, saa længe den galvaniske Indvirkning varer?

6) Have de til Kugler halvhensmeltede Jerntraade ingen magnetisk, eller galvanomagnetisk Virkning?

7) Ere Tonesvingningerne ikke ledsagede med galvanomagnetiske Virkninger?

8) Man burde danne en magnetisk Condensator paa følgende Maade: Man drage paa fiint Papir med Gummivand følgende Figur



dække denne med eet Guldblad, og lade det tørre. Man kunde siden afgnide det løse Guld, og man havde da en Condensator af Guldblad. Fra a maatte gaae helst bag ved Papiret en Tinstribe, som forbandt en meget fiin Zinkplade med a. Papir og Fugtighed der imellem vilde give en saare letbevægelig Condensator. Det forstaaer sig at den maa hænge i Silkeormespind. — Sølvblade vilde være endnu bedre. — Mon Blyantstræk vilde være brugbare? Maaske bedre en Vædske af Blyant og Gummivand.

9) Metallernes Brintning, og maaske Adskillelse burde forsøges med den størst mulige Kraft.

10) En staaende Leder maa paa alle Kanter tiltrække Jernfiilspaan med lige Lethed.

11) Har en Jerntraad i Smeltningsøjeblikket ingen sær Virkning paa Magnetnaalen?

---

[1] Ed. Vol. II. P. 250. [2] P. CXIII.

Supplement VII

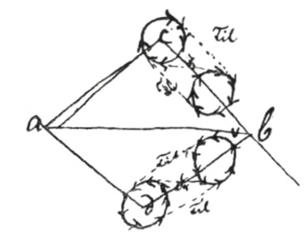
E M

til at prøve (skrevet d. 6 May 1821)

1) *Skulde en galvanisk Leder ikke udøve mindste Tiltrækning paa et ugalvanisk?*
2) *Man kunde maaske gjendrive Berzelius's Theorie om galvanomagnetismus ved at vise at en Jerntraad, der havde udgjort en halv Ring om en tyk galvanisk Leder havde to modsatte Poler.*
3) *Man kunde bringe en Jerntraad paa tvers i en flydende Leder i Kjæden, saavel paa dens Overflade, saa at den udgjorde en Deel af Omkredsen, som i Midten, saa at den udgjorde en Diameter.*
4) *Man kunde prøve om bøiede Ledere, hvis Gjennemsnit var:*

men da Tiltrækningerne her ere dobbelte saa maa δ^2 være $= 4a^2 (1 + \cos v)$, og cos v være $= {}^3/_4$, naar δ^2 skulde være $= a^2$

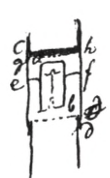




$bc = bd = a$, $ab = \delta$
$\delta^2 = 2a^2 + 2 \cos v . a^2$
$= 2a^2 (1 + \cos v)$
Er $v = 120^0$; saa er $\delta^2 = a^2$, og $\delta = a$ alt øvrigt lige ere Frastødningerne af vedkommende Punkter = Tiltrækn.

frastødte hinanden.

5) *En magnetiseret og med Vox overtrukken Staaltraad lægges paa Qviksølv, og dette bruges som negativ Leder i en Kjæde.*
6) *Samme Forsøg uden at Naalen overdrages med Vox.*
7) *En Leder udskjæres saaledes at en Staalstrimmel eller en anden Metalstrimmel kan gjøres til en transversal Deel af Lederen, og let udtages; vorder denne derved magnetisk?*
8) *En fiin Magnetnaal opstilles inde i en huul Leder, for at see om den ei drejer sig. Den hule Leder kan have følgende Indretning.*



Et Glasrør ab, hvori en Magnetnaal, omgives af et Glasrør cd, som neden er lukket med en indkittet Leder, og fyldt med Qviksølv til ef, med en gjennemsigtig Leder til gh, og i øvrigt sluttet med en fast Leder.



NB. Herved kan Omdreining ei tilveiebringes, fordie Virkningerne ved a og b stræbe at give Naalen modsatte Retninger.



men en Naal som abc, ophængt ved Silkeormespindet da synes at maatte opfylde Fordringen.

existed; in these papers a series of subjects are set down in numerical order »to be tried« and »to be attempted«. The majority of subjects from the 1st of April deals with the connection between electrical, magnetical, chemical and heat effects. Some of the questions stand in close relation to subjects which had formerly excited his interest. Put off is evidently not given up, as one might be tempted to believe when *Ørsted* in his writings dealt with a subject and did not subsequently return to it. In No. 7 we thus find the question: »Are not sound vibrations accompanied by galvanomagnetic effects?« It is evidently his theory concerning the acoustical figures which he thinks may perhaps obtain new light or significance through the more recent discoveries. No. 9: »The hydrogenation of the metals and perhaps their separation ought to be tried with the greatest possible energy« refers to his experiments on cathodic dispersion concerning which he held the opinion that alloys between hydrogen and bismuth and between hydrogen and tin were formed. Such questions as No. 6: »Have iron wires half-fused to balls no magnetic or galvanomagnetic action?«, or No. 11: »Has an iron wire at the moment of fusion no special effect on the magnetic needle?«, belong to the notions about a connection between light, heat, and magnetic action which led to the discovery of the action of the current on the magnetic needle. Again, No. 8 contains directions how to construct a more easily adjustable circuit than the one employed at the discovery of the reaction effect from magnet on circuit.

All these great subjects were not, however, followed up, did not perhaps get any further than on paper; another great investigation took up *Ørsted's* time in 1821, namely experiments on the compressibility of water.

The paper of the 6th of May and No. 10 of the 1st of April specially aimed at refuting *Berzelius*' theory of the magnetic state of a conductor traversed by an electric current. In order to explain the action of the conducting wire on a magnet, *Berzelius* assumes that four poles are set up in the conductor which f. inst., in a conductor with a square section, are distributed in such a way that there are two north poles at the extremities of one diagonal and two south poles at the extremities of the other. About a year later *Ørsted* described another experiment he had made of a character somewhat different from those here proposed, but with the same

purpose, it was published in several reviews.[1] Its purpose is to show that a long perpendicular conducting wire is surrounded by a circular field, as its effect on a small magnetic needle in its vicinity is not altered through the conductor making a revolution of 360^0 about its own axis.

From the autumn of 1822 to the summer of 1823 *Ørsted* was in Germany, France and England. It is a characteristic circumstance that he now profited in quite a different way from his experience and acquired a view of the state of the sciences in those countries quite different from the one he took in his youth. While in his first, extensive, tour he felt himself in close contact with the German scientists and their working methods, and took up a critical position with regard to the French men of science and did not feel at home in Paris, the reverse is now the case. He gives a detailed account of this in letters to his home. On the 9th of January he writes to *A. S. Ørsted* from Munich: »In poetry and philosophy I have not noticed that any new shining light has arisen in Germany in recent years. Nor does experimental science fare very well. Berlin has its excellent men in this branch of learning: *Seebeck*, *Erman*, *Mitscherlich*, *Heinrich Rose;* but from Berlin to Munich, on a journey of about 360 miles during which I have passed through three university towns, I have not found one fairly reliable chemist or experimenting physicist. *Schweigger* at Halle has brains and is a well grounded scholar, but also a reed shaken with the wind. His experiments are not of much importance. *Meinecke*, his coeditor of the chemical and physical journal, has brought to light no experiments of his own .... *Trommsdorf* at Erfurt makes new books every year by copying well-known German works. *Kastner* at Erlangen writes thick volumes compiled with much toil but without all judgment. *Yelin* at Munich makes indifferent experiments and lies much. But I have found much that was instructive with *Frauenhofer* at Munich, so that I have been able to occupy myself with benefit there for about a fortnight«.[2]

On the 23rd of February he writes to his wife from Paris: »The stay here grows more and more interesting to me every day, the acquaintances I have made grow every day more cordial and intimate; the benefit I can derive scientifically is thus all the greater. *Chevreul*, *Biot*, *Fresnel* and *Pouillet* are the men I particularly meet often,

[1] Ed. Vol. II. P. 265. [2] M. Ø. Vol. II. P. 41.

still I also very frequently see the other scholars either by visiting them or meeting them at parties. *Pouillet* is not yet famous outside Paris; but he cannot fail to gain an honourable name for himself.... Comprehensive science and not only skill in a single branch is now their watchword. »If you will mount a ray of light you may now be sure of finding something new«, said *Pouillet,* »but if you cannot attach it to the whole, what you find is but of small value«. He has written a mathematical paper on electromagnetism which is quite in the spirit I wish. ... If in Germany I am often tempted to protest against Nature Philosophy when I see how it is misapplied, in France I feel so much the more called upon to defend it, or rather I feel a fundamental difference in scientific thought which I should not have imagined to be so great if I had not so often felt its vital presence. Still I am far from falling out with the French on account of this dissimilarity. I now know better how to appreciate their merit than before and am therefore on better terms with them«.[1] With special interest we read what *Ørsted* writes about *Ampère*: »On the 4th I dined with *Ampère* where I met *Arago, Fresnel, Chevreul, Dulong* and others. The conversation mostly turned upon scientific matters and I had a long discussion with *Ampère* about magnetism. He is a very unskillful debater and neither understands clearly how to comprehend the arguments of others nor how to set forth his own, nevertheless he is a profound thinker.[2] .... On the 10th I was at *Ampère's* by appointment to see his experiments. He had invited not a few. ... He had three considerable galvanic apparatus ready, his instruments for showing the experiments are very complex, but what happened? Hardly any of his experiments succeeded. .... He is dreadfully confused and is equally unskillful as an experimenter and as a debater«.[3] — One wonders at this description of a man whose electromagnetical works are models of clear exposition, and whose experiments have been made use of all the world over to demonstrate the mutual action of the current and the magnet right up to our own day. — On the 25th of April *Ørsted* writes to his wife of one of his most remarkable experiences: »*Ampère* who has worked so much with my discovery and has founded a very elaborate theory on it, was greatly annoyed that I still keep to mine which is extremely simple. In order to have a conversation with me about this in the company

[1] M. Ø. Vol. II. P. 53. [2] M. Ø. Vol. II. P. 53. [3] l. c. P. 51.

of several scholars, he invited me to a dinner-party where *Fourier, Dulong, Chevreul, Frederik Cuvier, Savary* and *Montferrand* were present too. The two latter are young disciples of *Ampère's*. After the meal the conversation began and lasted for nearly three hours. I quite succeeded in proving that my theory accounts for all the phenomena, and what was most remarkable, I had to prove to *Fourier* that my theory was older than *Ampère's* which was, however, easy, seeing that I have already given it in my first publication. Even *Ampère's* two disciples declared that my theory was able to explain all the phenomena. They declare that so will *Ampère's*, and as his theory is nothing but the reverse of mine, he having removed the circuits of forces, discovered by me, from the conductor to the magnet, it will no doubt be difficult to find any entirely decisive objection to his theory, but I do not care for that either«.[1]

Ørsted continued to regard *Ampère's* theory with scepticism. In 1829—30 he thought he had found an »experimentum crucis« against it.[2] He placed a conductor in such a position in relation to a moveable filiform magnet that it was at right angles to the planes in which the currents in the magnet circled, thinking that, according to *Ampère's* theory, all influence should then be excluded while a movement of the magnet was observed. Curiously enough, among his papers is found an elaborate mathematical explanation of how, according to *Ampère's* law for the force between two arbitrary elements of a current, precisely that very movement of the magnetic needle might be expected which is actually seen. The explanation is not signed but dated the 1st of March 1833 and is not written in *Ørsted's* handwriting, but must without doubt have made him perceive his mistake which was obviously due to a deficient knowledge of the mathematical law for the force between two current-elements which *Ampère* had deduced from his experiments. When later on, f. inst. in the draft for a text-book found among his papers, compiled chiefly in 1845—46, he mentions *Ampère's* theory, he regards it, as in the Paris letter, as being of equal claim with, but not more acceptable than his own.

The stay in Paris became a busy time for *Ørsted*. A discovery

[1] M. Ø. Vol. II. P. 65. [2] Ed. Vol. II. P. 479.

made by *Seebeck* during an attempt to examine cells with different pole plates by means of the multiplier, and with which he had acquainted *Ørsted* when he passed through Berlin, was responsible for this. Through his experiments *Seebeck* had come to the conclusion that he might produce a current with a cell that contained only metals, and in order to investigate the matter more closely he laid a bismuth disc on the top of a copper disc and connected this latter to one end of the windings of a multiplier, while pressing the other end of the wire from the multiplier against the bismuth plate with his finger; he then got a deflection of the multiplier. When one end of the wire was fastened to the bismuth plate and the other was pressed with the finger against the copper disc, the deflection was in the opposite direction. If he replaced the bismuth disc by antimony, the deflections were reversed. Could it be the moisture of the finger which caused the generation of a current? No, a piece of damp paper laid between the finger and the place of contact weakened the effect or caused it to disappear. If a glass rod was pressed against the disc or, on the whole, an isolating rod instead of the finger, the effect disappeared; if a metal rod was employed no effect was produced unless the hand was near the place of contact.

It then gradually dawned on *Seebeck* that it was the heating of the junction that caused the current. *Ørsted* calls this observation »the most beautiful of the discoveries which have as yet grown out of mine«.[1] When he arrived at Paris he gave a report of *Seebeck's* work and results[2] in »Annales de chimie et de physique« and took up experimental work himself in order to extend *Seebeck's* researches. He writes about this to his wife: »The two metals that give the best effect in these experiments are bismuth and antimony. A piece made of these two metals, soldered together, has then the same effect as zinc and copper in a galvanical element. The heat, if I may so express myself, does the work of the moisture. It was thus a natural conjecture that of many pieces of antimony, bismuth, antimony, bismuth, continually alternating, it would be possible to solder together a ring giving galvanomagnetical effect when every second junction was heated, and in this way we should obtain a *Seebeck* battery in analogy with the Voltaic pile of galvanical elements. *Seebeck* seems to have had another theory about this. However, I have ex-

[1] M. Ø. Vol. II. P. 59. (4/4 1823). [2] Ed. Vol. II. P. 263.

perimented with the matter and found the conjecture correct. I believe that this discovery will be of far-reaching consequence. The laws for this new effect are, I suppose, in reality the same as for the galvanical battery; yet they look so different that I have been obliged to spend a great deal of my time during the last fortnight in discovering and defining them. . . . It is only yesterday that I have in some measure come to an end with the matter«.[1] In a letter of a somewhat later date to prince *Christian* he states that he has made the experiments »in conjunction with *Fourier*, the secretary of the mathematical department of the Institute«.[2] He laid the results before the Academie des Sciences on the 31st of March and published a paper[3] on the subject in Annales de Chimie et de Physique where he had formerly reported on *Schweigger's* multiplier and *Seebeck's* preliminary experiments.[4] He proposed the name »thermo-electric« for these currents a name which, as we know, has since been adopted everywhere.

We learn from his letters that the experiments on which the paper was founded had taken him 3 weeks, a space of time which is evidently much too short for the performance of the work; thus *Ørsted* himself points out a fundamental flaw in the experiments, but there has been no time to remedy it. The work is of interest, both by what has been gained through it, and by what does not plainly appear; in some of its results it is the precursor of *Ohm's* law and by its defects it shows how great was the feat of the actual discovery of this law.

The task *Ørsted* set himself was thus to examine whether the joining of several thermo-couples to a battery would lead to a similar increase of the effects traced in and by the connecting conductor as that which is observed by the joining of common galvanical cells. There were, however, two of these effects which were not at all traceable either with one or several thermo-couples; neither heat effects nor chemical effects could be demonstrated, neither did electrometrical measurements give the slightest results; only the action on the needle of the compass or the multiplier could be used for the investigation of this matter, and as a measure for the magnitude of the electromagnetical force was used the deflection of the magnetic needle under the influence of the current. *Ørsted*

[1] M. Ø. Vol. II. P. 59. [2] M. Ø. Vol. II. P. 70. (5/5 1823). [3] Ed. Vol. II. P. 272.
[4] Ed. Vol. II. P. 266.

thought this no very good measure: »Nous parlons ici toujours des déviations mesurées par les angles, et non pas de la grandeur réelle des effets«.[1] After some further reflections he adds: »on pourrait représenter les effets par les tangentes des déviations«,[2] but he does not use it, he only reckons with the deflections as a measure of the effect.

The chief defect of the experiments is that the difference in temperature between the junctions in the couples employed is not kept constant. Either one set of junctions is heated by the flame of a candle, or it is cooled with ice, or both agencies are used simultaneously so that one set is heated with a flame, the other cooled with ice. The latter arrangement which should be able to give a fairly constant difference in temperature is only used once, the two others are those most generally used; therefore in most cases an electromotive force was employed which varied greatly with the time. It is all the more remarkable that nothing was done to alter this circumstance as *Ørsted* was conscious of the defect and observed himself that in order to avoid that levelling out of the difference in temperature which will take place, especially in couples with short metal bars, one set of junctions should be connected with a constant source of heat, the other set with a constant source of cold. On his return from his journey he constructed a battery of 8 couples consisting of vessels one half of which was of antimony the other of bismuth. Through every second of these he passed warm water, through the others, cold. He demonstrated it before the Society of Sciences[3] and the Society proposed the construction of a battery of 50 couples; but nothing further is communicated about experiments with these batteries, and, in his treatise on thermo-electricity in the Edinburgh Encyclopedia which has already been mentioned, he recommends another construction,[4] so that it may be concluded either that his own did not answer to expectations, or that he had not the time or opportunity of testing it further.

In Paris the experiments were thus made with couples of inconstant electromotive force, and their effect was measured by a quantity which was not proportional to the strength of the current: the figures given and the conclusions drawn from them were therefore in general of no value. Only two results of importance were

[1] Ed. Vol. II. P. 277. [2] l. c. P. 277. [3] Ed. Vol. II. P. 462. [4] Ed. Vol. II. P. 391.

obtained. One was produced in experiments with a »complex thermoelectrical circuit« closed without external resistance and is stated thus: »l'effet d'un circuit ne change pas, lorsque la longueur de la circonférence augmente dans la même proportion que le nombre des élémens«.[1] This observation is correct as it means that the ratio between electromotive force and resistance is constant.

Next, the same circuit was used, one side being interrupted and the current transmitted through the windings of a multiplier. The deflection of the magnetic needle was very slight although the compass showed a great deflection if one side of the circuit with the couple shortcircuited was laid over the needle, here then was seen the importance of the external resistance for the strength of the current. Next, the current from thermoelectrical batteries varying in their number of elements was transmitted through the windings of the multiplier and the second chief result is seen: »que l'intensité des forces s'accroît dans le circuit avec le nombre de ses élémens, précisément comme cela a lieu dans la pile de *Volta*«.[2] As by »l'intensité« he meant »action électro-métrique« it is hereby expressed that the electromotive force increases proportionally to the number of elements.

These results are not mentioned in the introductory summary, it closes with the following passage: »Nous pouvons encore ajouter, que l'effet du circuit électromagnétique complexe, est beaucoup moindre que la somme des effets isolés que pouvaient produire les mêmes élémens employés à former des circuits simples«.[3] This proposition is correct if in the two cases, both with one and with several couples, the same external resistance, different from zero, is used, and if the internal resistance increases proportionally to the number of couples, but from the way in which the experiments were made which are described immediately after, and on which the proposition is presumably founded, it should be differently expressed. In these experiments the sum of internal and external resistance is constant whether one or more couples are used — at any rate if the alteration in resistance owing to heating is disregarded — hence the strength of the current should increase proportionally to the number of couples. When this does not take place it is no doubt due to the fact that the electromotive force will

[1] Ed. Vol. II. 4. Experience. P. 276.
[2] l. c. 7. Experience. P. 279.
[3] Ed. Vol. II. P. 274.

not be proportional to this number, as the difference of temperature between the junctions decreases gradually on account of conduction when several junctions in the same circuit are heated. *Ohm* mentions[1] the proposition last quoted, and thinks that the error lies in the fact that the strength of the current has been measured by the deflection of a magnetic needle; even if it is measured by the tangent to the deflection, too small a value for the strength of the current will be obtained, and the divergence from proportionality between this and the number of thermo-couples is too great to be explained otherwise than by the lack of constancy in the couples.

Next the current from a thermo-couple was compared with the current from a small Zn-Ag cell with water as the liquid conductor. He found that by shortcircuit the liquid cell gives a much smaller deflection of a compass needle than the thermo-couple, whereas the magnetic needle of a multiplier is much more influenced by a current from a liquid cell; from this it is in the first place correctly inferred that »l'intensité des forces dans ce dernier circuit est beaucoup plus forte que dans l'autre«,[2] but next it is concluded that »le circuit thermo-électrique contient les forces électriques en quantité beaucoup plus grande qu'aucun circuit hydro-électrique de grandeur égale«.[3] »Forces électriques« in *Ørsted's* language is the same as »quantité des forces électriques« or quantity of electricity; and the idea here expressed, that an element possesses not only a definite electromotive force but also a definite quantity of electricity, combined with the want of understanding of the importance of the internal resistance, prevented the drawing up of a fruitful summary of the experiments. Not until three years later did *Ohm* succeed in interpreting similar experimental results rightly, when he had the opportunity of using a constant thermobattery.

At Utrecht *G. Moll* with some other scientists had also taken up *Seebeck's* thermo-couples for investigation and communicated their results;[4] these brought nothing new but led to an experiment which gave an apparently paradoxical result; the ends of a copper wire were connected and part of it rolled up in a spiral and immersed in acidulated water while the wire above the water

[1] *Schweigger's* Jahrbuch der Physik und Chemie. Vol. XVI. Nürnberg 1826. P. 127 et seq.
[2] Ed. Vol. II. 6e Experience. P. 278. [3] l. c. P. 278.
[4] The Edinburgh Philosophical Journal 1823. Vol. 9. P. 167.

was passed over a compass needle which, as had been expected, was not deflected; if now the copper spiral under the water was touched with a zinc bar, the magnetic needle showed by its motion that a current was started in the closed copper circuit. *Ørsted* took up this matter for investigation and published the results of his experiments,[1] he explained the phenomenon by a division of the current and varied the experiment in many neat ways to show that his view was right — here again he occupied himself with a subject which was taken up for more complete investigation by *Ohm* in 1826—27.

Ørsted returned to Copenhagen in the autumn of 1823, and it may be observed from short communications in Videnskabernes Selskabs Oversigter (Proceedings of the Society of Sciences) that now and again he worked at the things which had specially attracted his interest during his journey; it has already been mentioned that he tried to construct a constant thermobattery and that he sought to explain the problem which *Moll's* experiment had given rise to. His visit to *Fraunhofer* had directed his attention to spectrum-analysis: »This winter I have occupied myself a good deal in practising the latest optical experiments«, he writes in March 1824 to *Berzelius*. In the Society of Sciences he communicated a small observation in this domain.[2] He had seen that the spectrum from a metal wire, made incandescent by the electric current, was unbroken »without all light or dark lines, so that herein it proves different from all other varieties of light which have hitherto been examined«. From this remark it would seem as if the continuous spectrum was not known at the time.

From the following years there are only few signs that *Ørsted* occupied himself with electric researches, though he would occasionally, in connection with lectures or practical work, return to this domain from other things which occupied his thoughts more constantly. In 1825—26 he proposed[3] that the multiplier — which now according to *Nobili's* suggestion was constructed with a double needle — should be fitted with a controlling magnet so that its sensitiveness could be varied.[4] »It is an excellent apparatus for investigations on the electro-chemical effect of bodies, their conductivity etc. I also think of employing it for me-

[1] Ed. Vol. II. P. 282. [2] Ed. Vol. II. P. 463. [3] Ed. Vol. II. P. 471.
[4] Ed. Vol. II. P. 367.

tereological purposes« he wrote to *Hansteen* on the 28th of April 1826. In 1826—27 he suggested using the multiplier for testing silver,[1] as two pieces of silver of different fineness, placed in the same liquid, would give a current which could be demonstrated by the multiplier. He procured a number of strips of silver of given equi-distant degrees of fineness and by means of these he could find between what limits of fineness a given sample lay. Using the sample as one plate in a cell where the strips of silver with the known fineness alternately formed the other plate, he passed the current from the cell thus formed through the windings of a multiplier. He states that if diluted muriatic acid be used as the liquid conductor, a difference in »copper content« of $^1/_{100}$, or even less, may be ascertained. If another liquid is used with the same pieces of silver, an increased deflection of the multiplier will often be observed owing to other impurities; if the liquid conductor is a solution of potash and this effect appears, it may be inferred that the sample contains brass or arsen. *Ørsted* gives some more details of the procedure, but remarks: »Only a very detailed description will enable a metal worker with no knowledge of the art of experimenting to employ this method«.[2] He mentions this little investigation in his autobiography in 1828. During the years succeeding 1820—21 he was much occupied with »national undertakings« partly aiming at the practical application of physical science, and partly at its use in the service of popular education. These endeavours show themselves in his remarks on this work and in another simultaneous one, on an improved ringing of tower-bells:[3] »It cannot, I suppose, be considered superfluous that these and similar features are noted, as it is one of the objects of perfect science to act beneficially in the community, and with us it is not yet superfluous that examples hereof are brought to notice, since the more men trust science the more good will it do. They must be permeated by the conviction that the embellishment and elevation of human life is dependent on the Arts and Sciences, next to the true fear of God, and that these even act for the benefit of those who do not possess them«.[4]

---

[1] Ed. Vol. II. P. 473 & 337.
[2] Ed. Vol. II. P. 474.
[3] Ed. Vol. II. P. 474.
[4] Autobiogr. P. 541.

Once more, in the domain of electricity, *Ørsted* touched upon subjects of fundamental importance. In 1828—29 some experiments on magnetisation by means of the electric current[1] caused him to occupy himself with the question of remanent magnetism and the laws for the generation of heat in a conductor, but, as often before, »other business« diverted his efforts from an interesting beginning.

In other experimental domains we find important researches from the years succeeding 1820. It has already been mentioned that he particularly occupied himself with the laws for the compressibility of fluids and gases, but before entering more closely into this subject we shall give an account of some work in the domain of chemistry which has been important to science.

On February the 18th 1825 he made the communication to the Society of Sciences[2] that he »had succeeded in procuring a compound of chlorine and the combustible part or metal of alumina from which he hoped to be able to produce the metal by means of hydrogen«. On the 4th and 25th of March it is recorded: »Professor *Ørsted* read a paper on aluminium chloride and the method of obtaining aluminium from it«.[3] The method employed in these processes is more closely described in a paper in the Proceedings of the Society of Sciences for the same year.[4] Over a mixture of carbon and pure alumina heated to incandescence in a china tube was passed dry chlorine. »The alumina being thus able to rid itself of its oxygen, its combustible element combined with the chlorine and thereby formed a volatile compound which was easily caught in a receiver, which of course must be furnished with a drainage tube for the non-absorbed chlorine and the carbon dioxide formed«. Next, the chemical properties of the aluminium chloride are described and it is then added: »Heated quickly with potassium amalgam it suffers a decomposition whereby potassium chloride and aluminium amalgam are formed. In contact with air this amalgam is decomposed with great velocity and by distillation without the air being admitted it gives a lump of metal approaching tin in colour and lustre«. Here then *Ørsted* maintains that he has produced aluminium, and in April he shows a sample of the metal in the Society of Sciences.[5] He also produced silicon chloride by the

[1] Ed. Vol. II. P. 478. [2] Minutes of the Society of Sc. No. 2892 18/2 1825.
[3] l. c. No. 2898. [4] Ed. Vol. II. P. 464. [5] Minutes of the Soc. 8/4 and 22/4 1825. No. 2899.

same method as aluminium chloride, and from this he hoped to be able to produce »the combustible element of silica«, but the method was a difficult one on account of the volatility of the chlorine compound. He then adds concerning aluminium: »For the rest the author has found remarkable properties both in the obtained amalgam and in the metal, which do not allow him to consider the experiments as final but in all probality promise rich results«.

On the 9th of October 1825 he wrote a letter to *Schweigger* concerning this matter which the latter published in his Journal.[1] A note about it in the Norwegian Magasin for Naturvidenskaberne[2] taken from a letter from *Ørsted* to *Hansteen* of March 21st 1825 was reprinted in *Poggendorff's* Annalen der Physik.[3] There is this difference between the two communications that the one from March only mentions the production of the chlorine compound and expresses the hope of obtaining the metal from it, whereas the letter of the 9th of October says that *Ørsted* had succeeded in producing both the chlorine compound and the metal »argilium«. Among *Ørsted's* papers is found a more detailed description[4] of how the metal is found, and it is seen that his way of working has been right.[5] In spite of this *Ørsted* has not been credited with the honour of producing aluminium, it is always ascribed to *Wöhler*. His paper on this subject is from 1827 and bears the title: »Ueber das Aluminium«. He records that he read about *Ørsted's* experiments on the production of aluminium chloride, how he repeated them and indeed got the chlorine compound, but on distillation with potassium amalgam got a grey molten metal mass left, which by augmented heat superdistilled as pure potassium. *Ørsted* in his paper in the »Proceedings« having written that he would further pursue the matter, *Wöhler* communicated with him, and *Ørsted* encouraged him to take up the matter as his own work with it had stopped. *Wöhler* then produced aluminium by heating of the chloride with potassium. It will be seen that it was with this matter as with so many others,

[1] Ed. Vol. II. P. 297. [2] Mag. f. Naturv. Vol. V. P. 176—177. Christiania 1825.
[3] *Poggend.* Ann. d. Phys. Vol. V. P. 132. Leipzig 1825. [4] Ed. Vol. II. P. 467.
[5] Some unpublished investigations carried out 1920 by *J. Fogh* in the chemical laboratory of the Royal Veterinary and Agricultural College of Copenhagen have proved that it is possible to produce aluminium from aluminium chloride and kalium amalgam when following *Ørsted's* directions. When *Wöhler,* as mentioned below, did not succeed in producing aluminium in this way, it must presumably be due to the fact that he used too much kalium amalgam in proportion to the aluminium chloride.

Ørsted did not get time to follow up his ideas and researches to their final most conspicuous results. —

Yet his work in this field has been of importance to chemical science. »Scientific chemists at that time knew many methods of producing chlorine compounds of the elements, but the one indicated by *Ørsted* was new, and it has been of great importance because it has taught us to produce chlorides of many elements which otherwise we should not have been able to produce at all or only with great difficulty and expense. It can only be employed with any essential advantage where the chlorine compounds are volatile . . . . other scientific chemists have since employed the same method to produce chlorine compounds from many other elements«, writes *Forchhammer* in 1852. These words have held good until our day.

After this account of *Ørsted's* electromagnetical and other work we shall now turn to a survey of his achievements in quite a different field of research. —

In Videnskabernes Selskabs Oversigter (Proceedings of the Society of Sciences) for 1817—18 a brief notice from the hand of *Ørsted* about his experiments on the compressibility of water[1] was published, and here we meet for the first time the subject at which he worked most tenaciously for the rest of his life. Though only a small part of the vast researches has been published, it may be said that in this domain his achievement was of enduring value, his method and experimental apparatus having become the prototype and base of later researches.

The above-mentioned notice only gives a brief summary of what *Ørsted* brought before the Society. Among his posthumous papers, however, we find a more detailed account which answers point by point to the summary and so gives us more exact information of what he actually said. He begins with a historical survey from which it is seen that it was almost virgin soil on which he had been expending his labours. The first works he mentions date from the 17th century during which both *Bacon*, Academia del Cimento and *Boyle* made attempts to determine whether water was compressible at all. Their results could not, however, be said to be beyond doubt. It was not until 1761 that *Canton*[2] showed that the volume of water could be diminished by pressure, and measured the extent of the compression. He thought, too, that he was right in concluding from his experiments which were, it is true, only few, that the reduction in volume was proportional to the compressing forces. *Canton's* mode of proceeding was as follows: he had water in a thermometer tube and observed that the water rose in the tube when he placed the apparatus under the receiver of an airpump, and fell when he again let in the air. *Ørsted* calls attention to the fact that a slight change of temperature will have considerable influence on the observed value of the alteration in volume, and he is of opinion that a change in temperature will easily take place with the method adopted, as heat is evolved or absorbed when air is compressed or rarified.

The experiments which interested *Ørsted* most at this time, and of which an account was published in 1779,[3] were those carried out by *Abich* and *Zimmermann*. The liquid under investigation was enclosed

---

[1] Ed. Vol. II. P. 439.

[2] Phil. Transact. London. Vol. 52. 1762 and Vol. 54. 1764.

[3] *Zimmermann:* Ueber die Elasticität des Wassers. Leipzig 1779.

in a strong cylindrical brass vessel ending in a narrower cylinder, inside which a piston could be pressed down with varying force by means of a lever. The reduction in volume was measured by the motion of the piston. When the compressing forces were compared with the reduction in volume, they were found to increase simultaneously, but not according to any simple law. When *Ørsted* subjected the figures given to a closer investigation, remarkable discrepancies appeared. If thus the volume of the apparatus was calculated from its stated dimensions, a much smaller figure resulted than the one given as the outcome of direct measurement, and in the same way the area of the piston, calculated from the diameter, was different from that given by direct measurement. *Ørsted* solved this inconsistency by assuming that different units must have been employed in the measurement of the lengths and the measurement of the volume, and he succeeded in finding the ratio between these units. By employing it in calculating the reduction in volume for various positions of the piston, he showed that it appeared from the experiments of *Abich* and *Zimmermann* that the reduction in volume roughly speaking was proportional to the compressing forces. This induced *Ørsted* to make a closer experimental investigation of the matter, and he constructed an apparatus which in principle was like *Abich* and *Zimmermann's* but required a smaller application of force, and afforded a more exact determination of the reduction of volume as well as of the compressing forces. He then found the above-mentioned assumption of proportionality between these quantities approximately confirmed. *Ørsted* made experiments not only with water but also with spirits, and found a similar regularity here; the whole investigation is, however, of a preliminary character. By »the compressibility of water« he understood the ratio between the reduction of volume at the pressure of one atmosphere and the volume employed. For water his measurements gave the value 0·00012 at 12° C., a value which is about 3 times as great as that found by *Canton*. *Ørsted* thought *Canton's* figure was too small, the temperature of the water having probably risen slightly during the compression.

Involuntarily we ask how *Ørsted* was led to take up this work which was so remote from his other occupations. A loose sheet among his papers will perhaps afford an explanation. It is a fragment,

and in a couple of pages contains some historical remarks on the compression of water. It is evidently part of a greater work, for drawings 59 and 61 are referred to, and at last *Abich* and *Zimmermann's* »highly successful experiments« are mentioned without any addition of critical remarks. At the end of the text some disconnected calculations have been added. It is seen that their object is to find the ratio between the compressing forces employed in the various measurements by *Abich* and *Zimmermann*, probably in order to compare these with the corresponding ratios between the observed contractions. So it would seem as if, through some literary work — perhaps a text-book on which he was working at the time — *Ørsted* was led to a closer investigation of *Abich* and *Zimmermann's* results, thence to a criticism of them, and thence again to taking up the work himself.

After this beginning the matter rested for about four years during which *Ørsted* sought other fields of research. From 1818 to 1819 he was occupied with »Undersøgelser over Bornholms Mineralrige«[1] (Investigations on the Minerals of Bornholm), being one of three members of a committee that carried out a geological survey on which *Ørsted* reported publicly in two papers. Besides he had much lecture work and, as previously described, through preparing a series of such he was led to his important discovery in 1820. The next couple of years he was engaged in electromagnetical and chemical researches, but already in 1822 he again took up his investigations on the compression of water, and from his papers we see that they were in full progress in the summer of 1822 when on the 3rd of August he wrote from Brede, where he was making a temporary stay, about the results to be expected from his experiments. The letter was written to Professor *Hansteen* of Christiania who was staying in Copenhagen and assisted him in the work. That *Hansteen* took a direct and independent part in the experiments is seen partly from a small treatise on his experimental results, written in his own hand, and found among *Ørsted's* papers, and partly from a note signed with his name, which showed that the manipulations demanded some adroitness:

»I had measured and weighed and filled several times with the greatest care. The last time I was fortunate enough to get 4 inches of mercury into the tube and was going to measure the length i. e.

[1] Ed. Vol. III. P. 201.

hold the compasses in one hand, the tube in the other, and at the same time with a finger prevent the admission of the air, I supported the bottle against the hooks of the copper cases; they gave way and — the neck broke; I have fled in despair, so as not to bear the brunt of your displeasure, and dare not show myself before I receive absolution.«

Your repentant

Chr. H.

The first explicit account of the methods and results of the experiments was given in the Proceedings of the Society of Sciences from May 1821 to May 1822[1] which were not, however, printed until the autumn of 1822, it being stated in the minutes of the Society's meetings in 1822 that at the meeting on the 12th of October *Ørsted* submitted the draft for the »Proceedings« and exhibited an apparatus for the compression of water; that it was decided that this should be mentioned in the »Proceedings«; and that *Ørsted* then took his leave in order to go abroad for some time. But already in the September number of the Ann. de Chimie et de Physique we find a short description of the new apparatus and the experiments carried out with it. Its source is not stated, but later on, when in 1823 a more elaborate treatise[2] from the hand of *Ørsted* on the same subject appeared in this periodical, it was stated that the short communication was taken from an English account. He had, then, such a high opinion of his apparatus that already in the course of the summer, while at work with it, he let a description of it be published. He carried the apparatus with him on his long journey abroad, and he mentions in his letters that he showed experiments with it wherever he went.[3] During his stay in Paris he wrote the before-mentioned treatise about the matter, but this contained no more experimental results than the few from the treatise in the »Proceedings«. Among his papers, however, we find a more detailed account[4] of experiments and experimental data partly set down in *Ørsted's* partly in *Hansteen's* hand. We shall now take a closer look at these papers.

In these *Ørsted* makes a valuable contribution towards the

[1] Ed. Vol. II. P. 455, the account was translated and published with a figure in *Schweigger's* Journal. Vol. 36. 1822. Ed. Vol. II. P. 254. [2] Ed. Vol. II. P. 258.

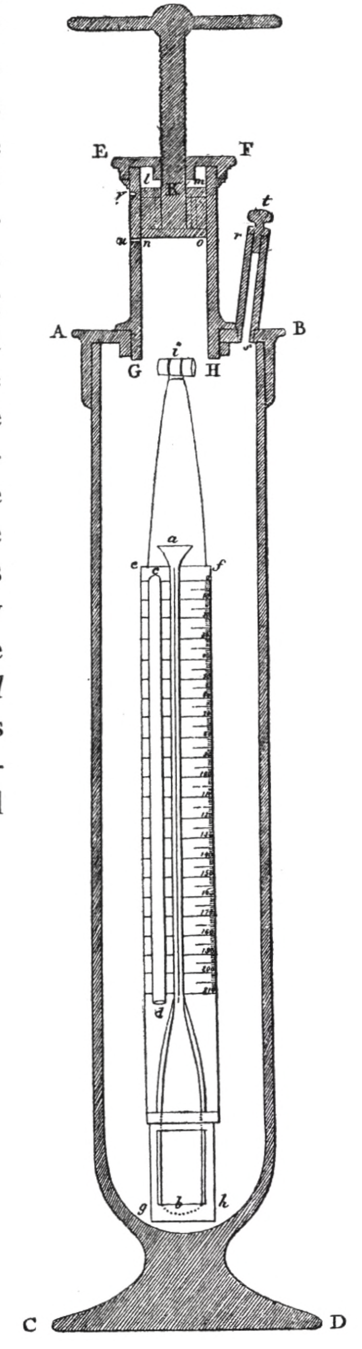
[3] Ed. Vol. II. P. 254, note. [4] Ed. Vol. II. P. 458.

solution of the question concerning the compressibility of fluids, abandoning his previous method and starting on quite a new course. These were the years in which he was successful in so many respects — he discovered electromagnetism, found a new alkaloid in pepper, evolved a fruitful method of producing $Al\ Cl_3$, and now finally constructed a simple and accurate apparatus for measuring the compressibility of fluids.

In the paper[1] in the »Proceedings« for 1821—22 he first criticises his own apparatus of 1817—18, it having become plain to him that he had not measured »the compression of the water alone, but the combined effect of this and the expansion of the vessel. Likewise in such experiments the influence of heat should be kept count of.« His view of *Canton's* experiments had now quite altered, he saw that they were the only ones of those mentioned by him in 1817—18 which had any lasting value, and he speaks with admiration of them, because by *Canton's* method the vessel in which the fluid was compressed received the same pressure from without and within. From this circumstance *Ørsted* concluded that in these experiments the volume of the vessel was not altered by the pressure, and that it might consequently be taken for granted that what was observed was only the alteration in volume of the fluid. Some experiments by *Perkins* carried out in 1820[2] had the same advantage, about which *Ørsted*, by the way, wrote in Ann. de Chim. et de Phys. that he did not know them before he constructed his own apparatus. *Perkins* poured the water to be compressed into a cylindrical metal tube having a closely fitting cylindrical bar for a plug. The apparatus was placed in a very thick-walled wider cylinder containing water which could be subjected to high pressures. The pressure was communicated to the rod which was pressed down in the cylinder, the water in the latter giving way to the pressure. The decrease in volume was measured by the distance the rod had descended, which was indicated by an elastic ring fitting round the rod where it entered the cylinder, and ascending with it when it came up again. The pressure was measured by examining the necessary load on a kind of safety valve closing a tube on the compression cylinder. Neither the measurement of volume nor of pressure could be made with any great exactness, but the principle of compression calls *Ørsted's* to mind.

[1] Ed. Vol. II. P. 455. [2] Philosophical Transactions of the Roy. Soc. of London 1820. P. 324.

In the above-mentioned paper *Ørsted* described his apparatus which was very convenient and admitted of such exact measurements of volume and pressure that his experiments with it are acknowledged as »the first accurate experiments« in this domain.[1] The fluid was enclosed in a piezometer (see figure)[2], an oblong flask with so narrow a neck that the volume corresponding to a length of it equal to a line amounted to 0·000055 of the whole volume of the flask. The fluid was separated from the water in the compression apparatus by a column of mercury which — at any rate in one experiment — was about 4 inches long. The flask was placed in water in a wider glass cylinder, and this water was compressed by a piston. The piezometer thus got the same pressure from within and without, so *Ørsted* took it for granted that its volume was not altered by the pressure, and that the observed alterations in volume of the enclosed fluid must be ascribed entirely to the elasticity of the latter. The pressure was measured by a manometer placed inside the flask in which some air was compressed by the water, the pressure being calculated by *Mariotte's* law.



The piezometer itself served as a thermometer and moreover a very sensitive one, a rise in temperature of one degree causing the water to rise 27‴ in the narrow tube in which it ends. If now in a compression experiment the reading of the volume was the same before and after the

[1] *Wüllner:* Lehrbuch der Experimentalphysik. Vol. I. P. 331. Leipzig 1907.
[2] Reproduced from a paper published later in »Vid. Selsk. Skrift.« Ed. Vol. II. P. 298.

application of the pressure, it was taken for granted that no heating had taken place. This argument is not correct. If heat is evolved during compression, it will disappear during the succeeding expansion, and the fluid will return to the same temperature as before the compression, and therefore occupy the same volume again. This presupposes, though, that heat is neither added nor carried off. It was also seen that such regularity only occurred if the compression and decrease of pressure took a very short time. When this was the case the water would mostly be $^1/_8'''$—$^1/_4'''$ higher in the piezometer after than before the compression, which — if the phenomenon were due to change in temperature — would answer to a change of $^1/_{200}{}^0$—$^1/_{100}{}^0$. The same difference occurring whether the pressure had been increased to 1 or to 5 atmospheres, it was concluded that the rise in temperature was not due to the compression but to a communication of heat from the experimenter.

That this question caused some difficulty is seen from a series of experiments carried out by *Hansteen*, probably in July 1822, since in the before-mentioned letter of August 3rd *Ørsted* requests that the calculations may be forwarded to him; he expresses a conjecture of how water will behave on decrease of pressure at various temperatures, and says that it has perhaps already been shown by experiments how the matter stands.

Hansteen had first compressed and read the position of the column of mercury at a series of increasing pressures, and then let the pressure gradually decrease towards the same value as in the beginning, and had again read the position of the column at a series of decreasing pressures. Here he did not get the same reading at the same pressures in the ascending and descending series; the column was 3''' higher at the conclusion of the experiment than at its beginning, which corresponded to a rise in temperature of about $^1/_9{}^0$. As, for the greatest pressure applied, the mercury had only moved 14''' from the initial position, there was no little uncertainty in the measured figures, which he sought to remove by introducing a correction for the supposed rise in temperature.

When we see the mechanical ingenuity displayed by *Ørsted* in the construction of the apparatus for the compression of water, and in the many little things which make it convenient for use, and also from his notes see how much better *Ørsted's* measurements were than *Hansteen's*, we recall with surprise *Hansteen's* remark in

a letter to *Faraday* (Dec. 30. 1857) that *Ørsted* was an indifferent experimenter.[1]

One of *Hansteen's* experimental series was not reliable because the column of mercury did not go back at all when the pressure was discontinued. A hint was thus given that the long string of mercury, by the hindrances to its displacement, rendered the results uncertain, and, as we shall see later on, *Ørsted* found a method by which the string might be omitted when he commenced a fresh series of measurements in this field in 1826—27.

Ørsted did not publish *Hansteen's* results, and neither mentioned them nor the conclusions *Hansteen* drew from them; about his own experimental results he only states that they have shown him that »the compressibilities are in proportion to the compressing powers«, and that the ratio between the reduction of volume and the original volume at the pressure of one atmosphere by 15°—16° C. is 0·0000455. *Canton* got at 64° Fahr. 0·000044
» 34° » 0·000049

In a later experiment with another apparatus *Ørsted* got 0·000044; this figure is not accompanied by any indication of temperature, but must be supposed to correspond to 15° C. *Ørsted* is perfectly right in saying that »the agreement between these experiments and *Canton's* is really extraordinary«.[2]

Among *Ørsted's* papers there are a couple of sheets[3] with experimental data from the 23rd and 24th of September 1822 and the 9th of October of the same year, referring to experiments carried out at 15° and 16 1/2° C. and with an increase of pressure from 1/3 atmosphere to 5 atmospheres. They inform us of the uncertainty of the results which runs to about 4 per cent. The compressibility calculated from the mean of the observations is 0·000047. It is especially the value at 1/2 atmosphere's increase of pressure which deviates; if this is excluded, the discrepancy between the others is not 2 per cent. In a report on his method and experiments in this domain in *Schweigger's* Journal 1822,[4] *Ørsted* states that the latest and best experiments have given the value 0·000047 for the compression of

---

[1] Life and Letters of *Faraday* by *B. Jones* 1870. Part II. P. 389. »Professor *Oersted* was a man of genius, but he was a very unhappy experimenter; he could not manipulate instruments. He must always have an assistant, or one of his auditors who had easy hands, to arrange the experiment; I have often in this way assisted him as his auditor.«

[2] Ed. Vol. II. P. 458. [3] Ed. Vol. II. P. 458. [4] Ed. Vol. II. P. 254.

water, it is evidently the experimental series from September and October he is here referring to. Hence it is strange that in the paper in Annales de Chimie et de Physique some months later he returns to the value 0·000045.

As mentioned above, *Ørsted* was so taken up by his apparatus and the experiments which could be made with it that he carried it with him on a journey and occasionally made demonstrations with it, but otherwise his interest and attention on the journey were directed towards quite a different subject he having, as mentioned, become acquainted in Berlin with *Seebeck's* thermoelectrical experiments. In Paris a great deal of his time was employed in work in this field, work which he continued after his return home, as evidenced in the »Proceedings« for the two following years.

Not until 1824—25 did *Ørsted* return to his experiments on compressibility, but this time gases were the object of his investigations. With Captain *Suensson* he tested the validity of *Mariotte's* law for air for considerable increases of pressure. The first statement of the results appeared in the Proceedings of the Society of Sciences 1824—25,[1] but they were described in detail in a paper in »Det kgl. danske Videnskabernes Selskabs Skrifter« (Publications of the Roy. Dan. Soc. of Sciences), Part II, 1823[2] which was not, however, ready for the press until 1826. Another report of them is found in a letter to *Brewster*, and in 1825 in an explicit treatise in *Schweigger's* Journal.[3]

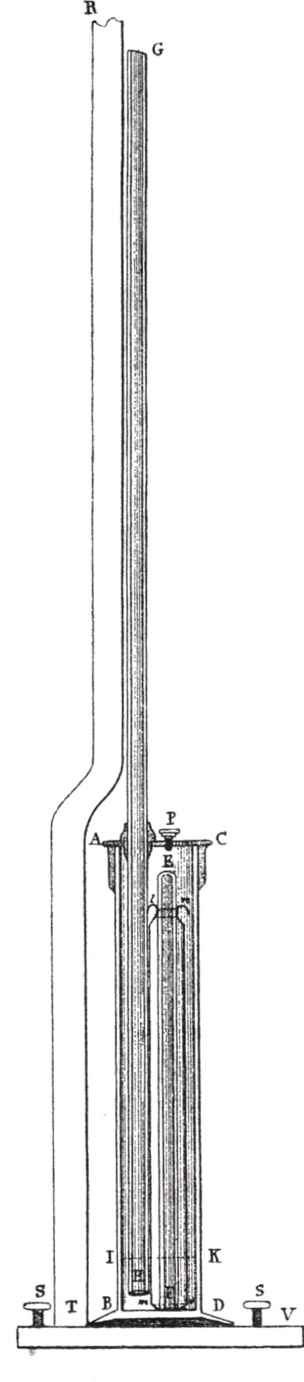
From the paper in the »Publications« we learn what occasioned the work. As often before a theoretical as well as an incidental practical reason was his incentive. In the preface to the treatise he says: »It seems that . . in all bodies . . . the compression is in proportion to the compressing powers«,[4] and it was in order to explain how this law was found for gases as well as for fluids that the paper was written. The practical cause for taking up the experiments was that in the summer of 1824 he undertook to carry out some investigations on the theory of the air gun with Captain *Suensson* of the Royal Engineers. From this practical purpose he was led to the broader, more comprehensive theoretical aim which also played a part in the experiments of 1822.

Ørsted's and *Suensson's* experiments on *Mariotte's* law were a

[1] Ed. Vol. II. P. 464. [2] Ed. Vol. II. P. 298. [3] Ed. Vol. II. P. 285.
[4] Ed. Vol. II. P. 298.

great step forward. In the latter half of the 18th century a number of experiments had been made in order to examine the validity of the law for pressures up to 8 atmospheres, and the chief result was that the air was considerably more compressible than it should be according to the law. The deviations were so considerable that *Ørsted* writes: »From these experiments one would even be tempted to believe that the point of condensation at which the air liquefies must be within easy reach and achievable with compressing powers procurable without difficulty«.[1] The experiments had been carried out according to the well-known method of *Mariotte*, and *Ørsted* saw that the main errors in experiments thus carried out originated in the measurement of the volume of the confined air. The volumes employed were too small, so that errors in the reading of the closing mercury column involved great percentage errors in the measurement of the volume, it having been considered necessary to confine the air in very thick-walled and narrow tubes in order that they might be able to resist the great internal pressure. The volumes of air were thus small and the width of the tubes irregular, and a measurement of volume exclusively based on observing the height of the closing mercury must always be very inaccurate. *Ørsted's* efforts were then directed in the first place towards rendering the measurements more exact, and, in the second place, towards extending the domain for which the law had been examined by finding a method of observing the compressed air at considerably higher pressures than hitherto employed. He solved both problems, though by pressures above 8 atmospheres he had to employ an entirely new method which certainly permitted of the use of pressures up to 60—70 atmospheres, but on the other hand was not accurate enough to ascertain slight deviations from the law in the case of atmospheric air. *Ørsted* had thus achieved three important things in this field of research: the improvement of the methods of investigation for pressures up to 8 atmospheres, so that the approximate validity of the law for these pressures was demonstrable, the elaboration of a method to examine the validity of the law at higher pressures showing that the deviations for atmospheric air were at any rate not great; finally, the employment of a method to compress other gases and compare their

[1] Ed. Vol. II. P. 299.



compressibility with that of atmospheric air, by which it was proved that *Mariotte's* law held for these, too, when the pressure was far from the liquefaction-pressure at the existent temperature, but not when the pressure approached or reached this value.

As a receiver for the air to be compressed *Ørsted* used a cylindrical tube 6 lines wide and 1 1/2 feet long. It was carefully divided into lines, the capacity of the whole tube was determined by weighing with mercury, and in the same way the capacities of the divisions. The reason why a tube of such great width could be used was that it was placed in water which was compressed at the same pressure as the air in the tube, so that the latter was subjected to the same internal and external pressures. The air in the tube was dried by placing the tube for a long time in a cylinder with calcium chloride. It was then placed, as shown in the figure, in a cylinder filled with water with its mouth beneath the surface of mercury at the bottom of the cylinder. In this was also placed a glass tube open at both ends which passed airtight through the screw-cover of the cylinder. This tube was gradually filled with mercury and thus acted both as compressor and manometer as in the usual experiments according to *Mariotte's* method. It was composed of pieces 7 feet long which were held together by strong iron screws, but it was very difficult to make cementing and screws tight enough, and only once a pressure of 8 atmospheres was successfully sustained.

Some results of the experiments with this apparatus are given in a table[1] of 4 columns, as follows: — 1) the ratios in which the

[1] Ed. Vol. II. P. 304.

volume is reduced, 2) the corresponding ratios in which the pressure is increased, 3) the differences between these ratios which should be equal if *Mariotte's* law held, and 4) »the ratio between these differences and the main quantities«. The last column shows that this ratio in only two out of 17 cases comes up to 0·016 and 0·013, in all other cases it is less than one in a hundred. The table shows that the differences in the 3rd column are positive all but one, i. e. that the volumes are reduced at a somewhat higher rate than demanded by *Mariotte's* law. *Ørsted*, however, calls attention to the fact that this conclusion is not justifiable since the curved surface of the closing mercury makes the reading uncertain. »In all these experiments we have endeavoured to divide, by the eye, the convex part into two parts of equal volume, but the results show that we have attributed too little of this volume to the inclosed air. . . . Without this error the differences would have been smaller, and would have alternated between + and ÷. Apart from this the differences are as small as could be expected in experiments where no vernier could be used. In the last observation, for example, the length of the column of air was 25 lines. Had it been assumed $^{1}/_{20}$ line longer, the volume would have been $^{1}/_{500}$ greater, and the deviation would thus disappear«.[1] It is here seen how *Ørsted* argues in quite a different and more modern manner about his experimental results than before, subjecting them to a sober judgment which was previously foreign to him.

From a couple of sheets in his own handwriting[2] found among his papers we learn of the experiments which are the precise supplement to the table published in the treatise in the »Publications«. Here, among other things, we find the correction, before mentioned, for the convexity of the mercury surface and, moreover, we find what volumes should be allowed for when this correction was introduced. It is from here, too, we have the information that the capacities corresponding to the divisions of the tube were determined by weighing the portions of mercury in each.

How excellent these experiments of *Ørsted's* were for the time may be seen by comparison with what was done later and considered fundamental for the investigations on the law of *Mariotte*. Thus it is generally known that *Despretz* in 1827 com-

[1] Ed. Vol. II. P. 304. [2] Ed. Vol. II. P. 322.

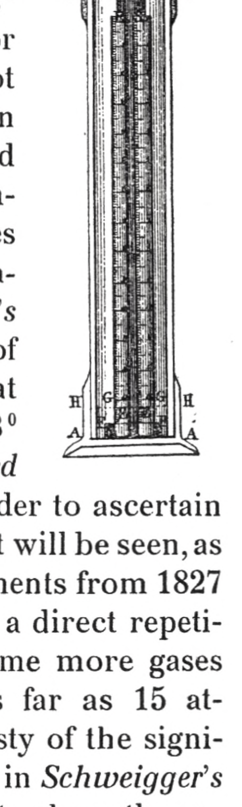
pared the compressibility of various gases and found that it was different for different gases, those which liquefied easily deviating at increasing pressure from the atmospheric air in the direction of greater compressibility, but it is less well known that his method is the same as *Ørsted* employed three years earlier with the same purpose and a similar result, and that he used the apparatus constructed by *Ørsted.*

Dulong's and *Arago's* famous experiments from 1830 on *Mariotte's* law were made with an arrangement similar to *Ørsted's,* but by an ingenious joining of the manometer tube they succeeded in pushing the compression as far as 30 atmospheres. The accuracy actually obtained by them was not much greater than *Ørsted's* within the same limits, the deviations found by them tend the same way — in the direction of greater compressibility, but as the deviations are small, they take it for granted that they are due to experimental errors. *Ørsted,* on the other hand, shows, before he draws this conclusion, that a slight and justifiable correction will give the deviations alternate signs and hence do away with the regular »course« of the errors which might denote a real deviation from the law. *Ørsted's* experiments ought to come in for a share of the many eulogies bestowed in text-books on the accuracy of *Dulong & Arago's* experiments.

Further, as mentioned above, he used his compression apparatus to compare the compressibility of various gases.[1] As shown in the figure, he placed two graduated glass tubes, closed at the top, with their open ends in a basin of mercury side by side in the apparatus. One was filled with atmospheric air, the other with the gas to be compared with it. If now increasing pressures were applied, the mercury would rise in the glass tubes as the gases were compressed, and if the variations in volume occur in the same proportion, the law will hold in the same way for both, as the pressures to which they are subjected are the same. Of the experiments performed only one explicit series[2] with SO_2 and air has been given in the treatise. It shows that the volumes were reduced in the same ratio until the pressure, calculated from the reduction in volume of the atmospheric air, had reached 2·3 atmospheres. After this SO_2 was compressed more than the air, and at 3·2689 atmospheres condensed sulphurous acid became visible in the tube. The

[1] Ed. Vol. II. P. 307. [2] l. c. P. 309.

experiment was performed at a temperature of $21^1/_2{}^0$ C. In his papers several other experiments are mentioned[1] and it is stated both there and in the treatise that the experiments with cyanogen and ammonia have given analogous results. A remark in the notes seems to show that *Ørsted* has seen liquefaction by expansion, for it is stated that upon a decrease of compression »a white smoke« appeared in the sulphurous acid tube,[2] but it gradually disappeared. *Ørsted* has further examined the validity of *Mariotte's* law for SO_2 by the method described on p. CXXXVI, and he obtained results[3] agreeing with those mentioned above. The table for these experiments is written on the sheet but has not been published. It is seen that the volume decreased in almost the same proportion as the pressure increased until about 2·5 atmospheres, after this SO_2 was compressed faster, and by a pressure of 3·36 atmospheres the liquid sulphurous acid was visible; the temperature was $19^1/_2$ to $20^1/_2$ C. In the paper in *Schweigger's* Journal for 1825[4] a more detailed account was given of the observations on cyanogen, and it was stated that the liquefaction of this gas at a temperature of 23^0 began with a pressure of 3·5 atmospheres. *Ørsted* emphasises that he made these experiments in order to ascertain whether *Mariotte's* law held for all gases, and hence it will be seen, as mentioned above, that *Despretz's* well-known experiments from 1827 in their aim, their method, and their results were a direct repetition of *Ørsted's*. *Despretz*, however, subjected some more gases to examination and pushed the compression as far as 15 atmospheres. *Ørsted* himself speaks with great modesty of the significance of his experiments. At the close of the paper in *Schweigger's* Journal he says[5] that his experiments have served to show the validity of *Mariotte's* law for gases, and in so far have only served to confirm the opinion held by the most distinguished scholars of the day, but as there are still scientists holding the opposite opinion, his publication of the method and results of his experiments may not perhaps be without importance.



[1] Ed. Vol II. P. 322. [2] l. c. P. 324. [3] l. c. P. 325.
[4] Ed. Vol. II. P. 285. [5] Ed. Vol. II. P. 296.

We shall next give an account of how *Ørsted* carried out experiments on the validity of *Mariotte's* law for atmospheric air up to a pressure of 60 atmospheres — the first set of experiments on the validity of the law which employed such high pressures.[1] The method was quite original. The two experimenters had been given the loan of some culasses from air guns, the experiments being first prompted by the wish to ascertain the theory of the air gun. The culasse of the air gun most frequently employed[2] would hold 0·891 gms of air at atmospheric pressure. Air was now pumped into it and by a number of pumpings the air was so greatly condensed that upon weighing the culasse was found to contain up to 101·2 gms. From this weighing the pressure in the culasse was calculated on the assumption that *Mariotte's* law was valid. In this calculation the expansion of the culasse by the great internal pressure was taken into account, its capacity being controlled by weighing in water. The capacity of the culasse in this experiment was 685·3 cm^3, and the expansion 10·2 cm^3 at a pressure of about 60 atmospheres.

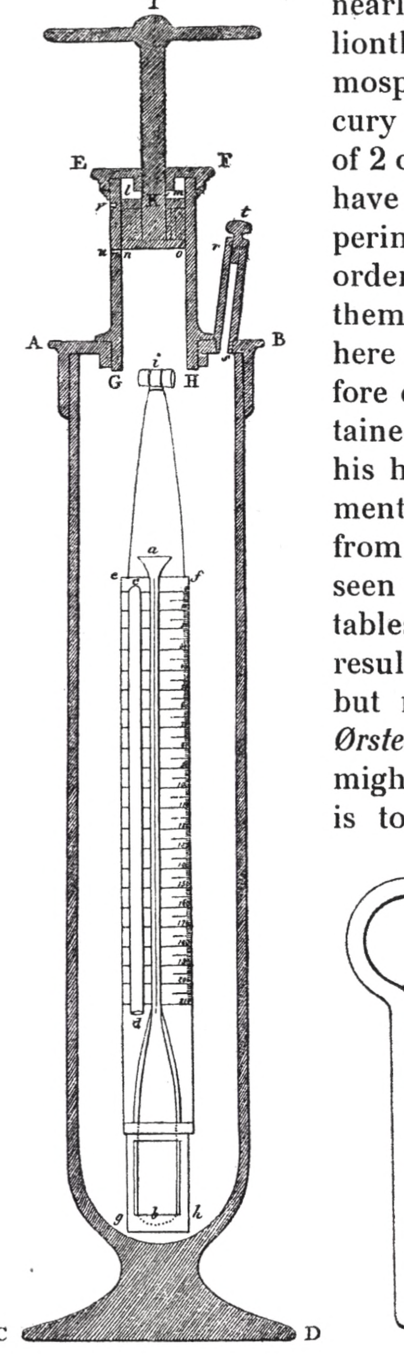
Next, the pressure of the enclosed air was measured directly by finding, by means of a lever, how great a pressure was necessary to open the valve, and the measured and the computed pressures were compared. When the pressure of the air had thus been found — in the above-mentioned experiment the calculated final pressure was 110·5 atmospheres — the valve was opened, some air escaped, the culasse was again weighed, and the pressure again computed and measured directly. The measurements in the first sets of experiments were so uncertain that sometimes the figure obtained was a great deal larger, sometimes smaller than that computed.[3] It was supposed that the irregularities were due to the valve being covered with leather. It was then replaced by a steel valve ground into the aperture, and in the first series of experiments with this the results were certainly more regular,[4] but it could not resist a pressure above 11 atmospheres. At last a steel valve was obtained which could sustain a pressure of 66 atmospheres and which gave regular results. These are given in a table in the treatises.[5] The agreement between the measured and computed quantities was examined in the following way: the calculated pressure was given in atmospheres, the measured pressure in grammes, and

[1] Ed. Vol. II. P. 304. [2] Ed. Vol. II. P. 305. [3] Ed. Vol. II. P. 292, note.
[4] l. c. P. 292. [5] Ed. Vol. II. P. 293 & 307.

in the last column of the table the ratio between the measured and the calculated pressures was given, i. e. it was found how many grammes of the measured pressure corresponded to 1 atmosphere. This ratio should of course be constant if *Mariotte's* law were right. If we neglect the experiment with 1 gm of air in the culasse, which is far removed from what the other 25 measurements give for this ratio, only some few of the values for this differ about 2 per cent from the mean value 1027, the majority showing much smaller deviations. From this *Ørsted* concluded that *Mariotte's* law was valid also for these high pressures.

The remainder of the treatise in the Publications of the Society of Sciences gives an account of the experiments on the compressibility of water[1] which were carried out mainly in 1822—23. *Ørsted* explicitly describes his apparatus and explains how it may best be utilised; he criticises its less fortunate qualities and states how he thinks to remedy its defects when fresh experiments are to be performed with it. In the first place he intended to alter the method of measuring the pressure. For this he had hitherto had a rather short glass tube, containing air, with the mouth downwards and fastened to the same frame which carried the piezometer (cd in the figure). He now intended to separate the tube from the latter, placing it in the same manner as the tubes with air and SO_2 in the compression experiments for the comparison of these two gases, thus immersing its mouth in mercury at the bottom of the compression cylinder. By this arrangement he would be able to use a longer tube. He also intended to let the capillary of the piezometer be supported by a ground glass stopper to be placed in the neck of the reservoir, as in many cases, f. inst. when boiling out the air of the reservoir for filling it with fluid, it was a great disadvantage to have to manipulate so large a flask — from 50 to 60 cm^3 — with such a long and thin neck. With regard to the accuracy presumably obtainable in these experiments he writes: »There are still many small defects incident to this instrument which may be done away with by future work, so that I do not deem it impossible that in the experiments hitherto carried out there might be an error of some few millionths; I ought, however, to say that the experiments I have performed, after having attained to some proficiency in the handling of the instrument, even with different flasks gave very

[1] Ed. Vol. II. P. 310.



nearly the same mean value, namely 45 millionths for a pressure equal to that of the atmosphere when it carries 28 inches of mercury at 15° (centigrade) of heat. A deviation of 2 or 3 millionths above or below this mean have been rare . . . I have repeated these experiments many hundreds of times, first in order to convince myself and next to exhibit them to scholars and other friends of science, here as well as in foreign countries. I therefore communicate no series of the figures obtained in the experiments.« So *Ørsted* follows his habit of being very sparing in the statement of his experimental results. In a letter[1] from him to *Hansteen* of Sept. 28th 1826 it is seen that the latter taxed him with letting his tables on the compression of air contain the results of calculations based on measurements but not a sufficient number of these, and *Ørsted* admits that »the thorough-going reader might miss this«, but his usual practice is to publish only a small part of his experimental results, a circumstance which has contributed much to obscure the importance of his researches.

The treatise closes with some »General Remarks on Compressions« from which we see that in his opinion his experiments had shown the general law »that the compressions are proportional to the compressing forces«. He has proved it for air and for water and a few other fluids; it must also hold for solid bodies, since in his compression experiments with water in 1817—18 he found the same

[1] *Harding's* Collection of *Ørsted's* letters.

law valid although he then measured the sum of the alterations in volume of the water and the solid reservoir. As in the new experiments the compressibility of the water proved proportional to the pressure, the compressibility of the substance of the solid reservoir must also follow that law.

Finally, he hints that he has more extensive plans for experiments on compressibility. He made the same statement to *Hansteen* in a letter of the 25th of May 1826[1] when the communications here summarised were to be printed in the Publications of the Society of Sciences: »On going through them once more I have come to make an elaborate plan for such experiments, the expense of which will be defrayed by the Society of Sciences«. The plan was evidently in his mind the whole of the previous winter, for at a meeting of the Society of Sciences on the 16th of Dec. 1825 he read a paper on experiments on the compression of fluids and gases which it would be desirable to carry out; at a meeting in April 1826 the question of how to employ the funds of the Society was discussed, and the Secretary spoke on how the money might be put to important use in experimental investigations. He mentioned as an example that an apparatus was needed for the investigation of *Mariotte's* law from which important and no doubt pregnant results might be expected. Finally, on the 12th of May he laid before the Society a detailed plan for experiments on the compressibility of bodies. The plan itself is not in print, but is found in a Journal of Experiments which had been commenced in May 1826 immediately after the above-mentioned meeting. The beginning of it runs as follows: —

»At the meeting of the Royal Danish Society of Sciences on the 12th of May 1826 Professor *Ørsted* submitted the following proposal for carrying out fresh experiments on the compression of bodies:

As in all hitherto described experiments on the effect of great compressing forces on water, great uncertainty still remains, and even those by *Perkins* cannot be excepted from this judgment, I propose that the Society at its own charge causes experiments to be carried out on the compression of water which go at least as far as a pressure of 100 atmospheres.

---

[1] *Harding's* Collection of *Ørsted's* letters.

That furthermore it causes experiments to be made

1) On the compression of mercury.
2) On the compression of the ethers.
3) On the compression of spirits of wine at various degrees of dilution.
4) As far as possible also on the compressibility of condensed sulphurous acid.
5) On the compression of ammonia and other fluids containing a condensed gas.
6) On the compression of salt solutions, as to whether it is right that the salts may be disengaged by the compression.
7) As to whether heat is evolved by the compression of fluids.
8) As to whether the compressibility varies with the temperature of the fluids.
9) As to whether compression would produce compounds which would not otherwise take place.
10) How much a vessel in which the compression takes place is expanded by the compressing power when no pressure from without counterbalances it.
11) The compression of solids contained in fluids.

On the compression of gaseous bodies the following experiments are proposed: —

1) The definite degree of compression by which gases at a certain temperature liquefy.
2) The tension of a gas which is in contact with its parent fluid.
3) High degrees of artificial cold produced by the parent fluids of the gases passing into gaseous state.
4) The improvement of the air gun in consequence of these experiments.
5) Chemical compounds in consequence of the compression of gases.«

In consequence of this proposal the Society determined to cause these experiments to be carried out and to pay the necessary expenses which were not, however, to exceed 500 Rdr. It was further arranged that as an assistant in these experiments Professor *Ørsted* might engage »Hofmecanicus« Mr. *Foch* and as a remuneration for the time he gave cause 20 Rbd. to be paid to him monthly.

The plan seems exceedingly comprehensive and bears some traces of *Ørsted's* early love of the large programmes, still, it immediately takes on a less imposing aspect when we learn that the Society's expenditure for the realisation of such great purposes was not to exceed 500 Rdr., out of which moreover a salary of 20 Rd. monthly for an assistant was to be paid.

Ørsted at once set eagerly to work to improve his compression apparatus, that it might give more exact measurements, become more convenient for use, and push the pressure further. He reports on these things in the Proceedings of the Society for 1826—27,[1] but says that they cannot be explained without drawings, and that an explicit account of them will appear in the Publications of the Society. This never took place, but a manuscript[2] among his papers gives detailed information, and such is also found in a letter in Reports of the British Association for 1833.[3]

The measurement of the volume during the compressions was improved by omitting the long string of mercury in the capillary and only letting the liquid in the piezometer be separated from the compression-water by a space of air, the mouth of the flask being covered by a kind of diving bell.

The measuring of the pressure was considerably improved by putting into practice the before-mentioned plan of using as a manometer a longer and wider tube with air, the mouth of which was closed by mercury at the bottom of the compression cylinder. By using the larger tube the advantage was obtained of smaller errors in reading the volume of the enclosed air, and consequently smaller percentage errors in the calculation of the pressure, the volumes of air employed being larger than before, and finally recourse could now be had to large pressures as these could now be measured without too great uncertainty.

Furthermore the apparatus was furnished with accessory contrivances for the more convenient drawing and filling of water.

Directly after the meeting on the 12th of May *Ørsted* caused the above-mentioned journal to be begun, and he opened it with the programme of the work now to commence. The journal was chiefly written by the assistant Mr. *Foch*, it simply described from day to day what work had been done, when apparatus had been ordered,

[1] Ed. Vol. II. P. 472. [2] Ed. Vol. II. P. 325. [3] Ed. Vol. II. P. 402.

when they had been delivered, what accidents happened, what deficiencies were found and how they were remedied, what expenses had been paid etc. Furthermore the observations from the individual experiments and the preparatory measurements for these are set down. From this it is seen that much time has been given to the weighing of piezometers and tubes for pressure measurement. It was chiefly the compressibility of liquids which was investigated. The plans of the programme for the examination of gases were temporarily laid aside. Out of the liquids employed water was subjected to most measurements, and these were made at different temperatures. If we look at the direct measurements of the compressibility of water set down, we receive no impression of any closer agreement between the repetitions than in the experiments previously carried out.

The compressibility of mercury was also found through several series of carefully made measurements. — In a letter to *Brewster* dated Dec. 30th 1826 *Ørsted* states the results which in his opinion might with certainty be derived from the experiments he had hitherto carried out.[1] He begins with the information that during the past summer he had carried out a great number of experiments and that he was now calculating corrections for variations in the pressure and temperature of the atmosphere. As soon as these calculations should be completed a paper on the experiments would be finished, and *Brewster* would receive a translation of it. This paper, as mentioned above, was never written. Hence it is of all the more interest that in the letter to *Brewster* as well as in the communication[2] in the Proceedings of the Society of Sciences 1826—27 he ends by recording the results which must be supposed to be only slightly influenced by the corrections wanting. These, taken in the order in which they are found in the letter to *Brewster*, are as follows: —

1) For a pressure of up to 70 atmospheres compressibility of water is proportional to the pressure, and for an increase of pressure of one atmosphere may be put at 45 millionths.
2) Heat is not liberated by the compression.
3) The compressibility of mercury is slightly above one millionth of its volume by an increase of pressure of one atmosphere.

[1] Ed. Vol. II. P. 335. [2] Ed. Vol. II. P. 472.

4) The compressibility of ether is nearly thrice, that of alcohol nearly twice, that of sulphuret of carbon only one and a third that of water.[1]

5) The compressibility of water containing salts, alkalies, or acids, is less than that of pure water.

In the paper in the »Proceedings« which is of later date than the letter, the following has been added: —

6) The compressibility of water is not the same at all temperatures, but is greatest at the lowest temperatures.

7) The compressibility of glass has been found to be less than that of mercury.

The fourth item has here been redrafted. By the translation from Danish to English an error must have crept in which has been repeated in a German rendering.[2]

That the here cited reading is the right one will be seen from *Ørsted's* figures for the compression coefficients for the said fluids. These are[3]

water $45 \cdot 10^{\div 6}$
1) ether $140 \cdot 10^{\div 6}$ = abt. 3 times that of water.
2) alcohol $97 \cdot 10^{\div 6}$ = abt. 2 times that of water.
3) CS_2 $53 \cdot 10^{\div 6}$ = abt. $1\,^1/_3$ that of water.

We get a notion of how carefully the experiments were carried out through the fragment of a manuscript[4] found among his papers. Its wording and beginning allow of the conclusion that it contains an account, given at a meeting of the Society of Sciences, of the experiments carried out during the summer of 1826. Since now it appears from the minutes of the Society that *Ørsted* brought this before a meeting on the 7th of January 1827, the manuscript without doubt contains what he wrote on that occasion. It has interest partly by showing the form that *Ørsted* gave to such an address to the Society of Sciences, partly by giving the detailed description of the improvement of the compression apparatus which was never published, and partly by describing the interesting and difficult experiments on the compressibility of mercury.

In order to judge of the value and accuracy of *Ørsted's* experiments we shall compare the above-mentioned 7 points with the results of much later times, these seven being in the main his

[1] Ed. Vol. II. P. 336 note. [2] Ed. Vol. II. P. 336 note.
[3] *H. C. Ørsted:* Naturlærens mekaniske Del. Cpn. 1844. [4] Ed. Vol. II. P. 325.

final results in this domain. As we shall see later on, a criticism of his method appeared in 1827 which he set himself to refute; then his work was stopped for some years, was taken up again at certain intervals with various assistants, but was never carried through to the end. —

The chief results agree with those of a later day.

That the compressibility of water is proportional to the pressure, was confirmed by the measurements of *Cailletet*[1] in 1872, when a method similar to *Ørsted's* was employed, but at pressures up to 700 atmospheres. It was only when *Amagat*[2] continued the experiments to far greater pressures, and with more accurate measurements of these, that the compressibility was shown to diminish with the pressure.

In regard to the numerical value of the compressibility for water *Cailletet* found by *Ørsted's* method at 8°, 45 millionths of the volume by an increase of pressure of 1 atmosphere, whereas *Ørsted* states this value to hold for 10°.

Ørsted later on changed his former opinion that the compression evolved no heat.

The determination of the compressibility of mercury is exceedingly good. In experiments which are carefully reported in the before-mentioned manuscript[3] of Jan. 7th 1827 0·00000122 is given as the mean of three series of experiments. By the same method *Regnault* got 0·000001145 and *Amagat* 0·0000015. But though the measurements were thus good, the result remained valueless as it ought to have been corrected by a quantity double the measured value in order to give the real compressibility of mercury. The necessity for this correction was first pointed out a year after by French scientists, and right down to our own day discussions and measurements have turned upon this quantity.

The results in point 4 with reference to the compressibility of ether and alcohol have the proper sequence.

It is correct — at any rate found later by *Grassi*[4] — that the compression of salt solutions is smaller than that of water.

That the compressibility of water is reduced with rising temperature is correct for the temperatures at which *Ørsted's* measure-

[1] Comptes rendus. Vol. 75. P. 77. Paris 1872.

[2] Comptes rendus. Vol. 103. P. 429. Paris 1886. Vol. 104. P. 1159. 1887. Vol. 105. P. 1120. 1887.

[3] Ed. Vol. II. P. 329. [4] Ann. de chim. et de phys. Vol. 31. (3 ser.) Paris 1851. P. 437.

ments were made, and this fact was first found by him[1] at a more extensive series of temperatures, though *Grassi* has been mentioned as the first person to observe this. The reason is of course that *Ørsted,* as in other cases, did not publish the observations by which the fact was borne out.

Point 7. That the compressibility of glass is smaller than that of mercury is a correct observation.

While *Ørsted* was still occupied with his experiments on compressibility, a paper by *Colladon* and *Sturm* on the compressibility of fluids[2] appeared in 1827 in answer to a prize question proposed by the French Academy. These scientists used *Ørsted's* method in their experiments, only omitting the string of mercury for confining the fluid in the piezometer, which as we know had also long ago been given up by *Ørsted.*

Whereas *Ørsted* supposed that the volume of the piezometer was not altered by the compression, the pressure being equal from within and from without, *Colladon* and *Sturm* contended that the internal volume of the piezometer must vary in the same way as if it were massive glass. If we call the volume of the fluid to be compressed V, the increase in pressure P, the observed reduction in volume $\triangle V$, the compressibility coefficient of the fluid β, that of the glass C_k, we should have: —

$$\triangle V = \beta . V . P \div C_k . V . P$$

$$\frac{\triangle V}{V} = P\,(\beta - C_k),\ \frac{\triangle V}{V} \text{ for } P = 1 \text{ atmosph. is called } \omega$$

$$\beta = \omega + C_k.$$

Ørsted had observed and indicated the value ω; in order to obtain the real compressibility coefficient the correction C_k ought to be added. The question was now how to find C_k. *Colladon* and *Sturm* calculated it from observations on the stretching of glass rods. The stretching coefficient for a glass rod being called C it was supposed that

$$C_k = 3\ C.$$

C being found to be 0·0000011 the correction would be

$$C_k = 0{\cdot}0000033,$$

which was thus to be added to the observed value of ω.

---

[1] *Canton* had found the same for temp. 15° and 4°.

[2] Ann. de chim. et de phys. 36. P. 113. 1827.

Ørsted replied to this, partly in *Poggendorff's* Annalen in a letter[1] to the editor, partly in the Proceedings of the Society of Sciences[2] for 1827—28. Already on the 25th of April 1828 he reported to the Society »on some fresh experiments by which he refutes the opinion recently advanced by *Colladon* and *Sturm* that the vessels in which water is compressed by his method are reduced in cubic capacity.« First he maintained against *Colladon* and *Sturm* that long ago he had given up the obstruction with mercury in the piezometer, and next he turned to the value of the applied correction C_k. He contended that it must be wrong to calculate the reduction in volume of a solid body by pressure, or the increase in volume by stretching, in the simple way that *Colladon* and *Sturm* had employed, putting it equal to three times the alteration in length, as by stretching and compression of a rod its cross section will alter, from which follows that the alteration in volume is not so simply dependent on the alteration in length. He stated his intention of deciding the matter experimentally by trying to find C_k directly for glass. In order to do so he filled a piezometer with pieces of glass, filled up with water and placed the whole in the compression cylinder, he then observed the collective reduction in volume of the water and the glass in the piezometer and from this could calculate that of the glass. His results showed him that C_k is smaller than it should be according to the calculation of *Colladon* and *Sturm*, but they were not sufficiently certain nor in sufficient agreement to afford any numerical value. In the meanwhile he found another way of showing that *Colladon* and *Sturm's* argument must be wrong. He compressed water in a leaden flask, the mouth of which was furnished with a glass tube; for lead it was known that $C = 0{\cdot}00002048$. According to the calculation of *Colladon* and *Sturm*, C_k should then equal $0{\cdot}00006144$. Since now the compressibility of water, according to all measurements taken, is less than this quantity, the water should rise in the neck of the leaden flask by the compression if the theory were correct, whereas, on the contrary, it sank a little more than if the flask were of glass, so that the compressibility is two millionths more by this determination than in the glass piezometers. By this *Ørsted* thought he had proved that *Colladon* and *Sturm's* correction was wrong.

[1] Ed. Vol. II. P. 348. [2] Ed. Vol. II. P. 476.

He now let this matter rest for some years. It seems remarkable that during these years he should entirely give up work which he had begun with such energy and eagerness, it would appear as if *Colladon* and *Sturm's* paper had cooled his interest. Certainly he was much occupied in 1829—30 with the foundation of the Polytechnical School, still he carried on other experimental researches, indeed, on the 23rd of January 1829 it is recorded in the minutes of the Society of Sciences that »the Secretary proposed that some of the 500 Rbd. which the Society has granted for experiments on compression should be employed for experiments on producing great magnetical effects by galvanism.«[1] In 1830—31 he constructed an apparatus for the measuring of depths of the sea[2] for which he used an altered form of his piezometer.

In 1832—33 he again returned to the researches on compression, and a report on their results is found in the Proceedings of the Society of Sciences[3] for that year, and in »Reports of the British Association«[4] for 1833; this latter paper contains the sole published complete description of his apparatus in the shape it had after 1826. In this treatise he again takes up the question of *Colladon* and *Sturm's* correction and gives an account of a number of experiments with glass pieces in a large piezometer employed in the way described above; the experiments were extended to the examination of other solids than glass. According to these experiments C_k for solids — and especially for glass — would be so small that it was of the order of magnitude of the experimental errors of the measurements.

For the rest the object of the treatises is to find an explanation of the irregularities in the numerous determinations of the compressibility of water, against which even the latest improvements in his apparatus could not guard him in spite of all the practice of the experimenter. A journal of experiments from these years shows that a lot of measurements were made.

Ørsted then got the idea that the irregularities were due to the circumstance that heat was evolved by the compression, so that water, for each increase of pressure of one atmosphere, rises $^1/_{40}$ ° C. in temperature. This would then, by temperatures above 3·075, by which *Ørsted* assumed the density to be a maximum, apparently

[1] Ed. Vol. II. P. 478. [2] Ed. Vol. II. P. 482. [3] Ed. Vol. II. P. 485.
[4] Ed. Vol. II. P. 402.

diminish the compressibility, and by temperatures below 3·075 increase it, and, the expansion coefficient of water being different at different temperatures, the apparent compressibility would vary irregularly with the temperature. *Ørsted* then put forward the hypothesis that the compressibility of water was in reality the same by all temperatures, namely 46 millionths, which had been found by 3·075, and he then tried to calculate what the observation ought to give at a series of other temperatures by adding to or subtracting from this value $^1/_{40}$ of the expansion coefficient by the temperature in question, and also by correcting for the expansion of the piezometer by the same assumed heating. In this way he succeeded in establishing agreement between hypothesis and experience by a series of temperatures.

Ørsted's idea, that heat was generated by the compression, touches on a problem of far-reaching importance which scientists in 1832 had no means of solving otherwise than by direct measurement, a method which he tried to use some years later. The principle of the conservation of energy had to be found, and the second law of thermo-dynamics to be recognised, before it could be predicted that such an evolution of heat must take place, and before its numerical value could be calculated. The rise in temperature caused by an isentropic compression may be found by means of a formula first advanced by *W. Thomson* in 1858; it may be written:

$$\left(\frac{dT}{dp}\right)_{Q = \text{constant}} = \frac{T.V_o.\alpha_t}{C_p}$$

where T is the absolute temperature by which the compression takes place, V_o the initial volume of a unit of weight of the substance compressed, C_p the specific heat mechanically measured, α_t the expansion coefficient and dp the increase in pressure. From this it will be seen that dT can be found for an increase in pressure of one atmosphere when the expansion coefficient, the specific heat, and the density of the substance at the experimental temperature are known. If we carry through the calculation for water at 25° we get,[1]

[1] Ann. d. Physik und Chemie. Neue Folge. Bd. 20. 1883. P. 882 et seq., in a treatise by *I. Drecker:* Ueber die innere Ausdehnungsarbeit von Flüssigkeitsgemischen im Vergleich zu derjenigen ihrer Bestandtheile.

$dT = 0{\cdot}001849^0$; $\alpha_t \cdot dT = 0{\cdot}00025 \,.\, 0{\cdot}001849 = 0{\cdot}4622 \,.\, 10^{\div 6}$ then gives the correction to be added to the compressibility coefficient found at 25^0; it is only about 1 per cent of its value and is thus without significance in comparison with the errors in *Ørsted's* experiments. For other fluids the matter wears another aspect; the corresponding percentage magnitude of the correction is for[1]

CS_2 abt. 50 per cent.
Ether - 30 per cent.
Alcohol - 18 per cent.

Ørsted's compression method is markedly isentropic, the experiments being carried out in as short a space of time as possible in order to avoid the transition of heat from the experimenter and other surroundings. Hence it is obvious that the lacking correction for the generation of heat plays so great a part with other fluids than water that the results for these must turn out much less exact. As might be expected, the figures are too low. Thus *Ørsted* found for

Alcohol $93.10^{\div 6}$
CS_2 $53.10^{\div 6}$

whereas *Drecker,* at a slightly higher temperature found for

Alcohol $113{\cdot}8.10^{\div 6}$
CS_2 $97{\cdot}5.10^{\div 6}$.

If the error were to be avoided the experiments must be performed in such a manner that the change in volume caused by the compression was not read until after so long a time had passed that the rise in temperature had disappeared. This method was used e. g. by *Amagat,* and also by *Drecker* to whose paper we referred above. After 1839 *Ørsted* tried whether it could be shown by direct measurement that a change in temperature took place during the compression. In this work he was assisted by a man who became one of the pioneers in the research through which the principle of the conservation of energy came to be recognised — cand. polyt. *Colding.*

From an experimental register it is seen that in the summer of 1837, from May to some way into October, experiments have again been carried out on the compressibility of water, and values have been found at somewhat varying temperatures, but the work was not finished. So in the winter of 1839 *Ørsted* applied to the Society

[1] Ann. d. Phys. u. Chem. Vol. 45, 1892. P. 560. *W. C. Röntgen*: Ueber den Einflusz der Compressionswärme auf die Bestimmungen der Compressibilität von Flüssigkeiten.

of Sciences for 150 Rbd. for completing his researches on the compressibility of water. He writes: »It is my wish now to put the last touch to this work in order to give a comprehensive treatise on compressibility, for which I have most of the material at hand in a very explicit diary of the experiments. But for the completion some more experiments are necessary as well as a great number of calculations which, though easy, are extensive and wearying. I fear that for yet a very long time I shall find myself prevented from completing the work if I do not let somebody else make these calculations. For this I intended to solicit the help of the Society«.[1] In *Ørsted's* papers we can see that *Colding* had began the calculations and also, that the experiments had been taken up again and brought to a certain degree of completion by *Colding*. Their aim was a direct demonstration of the generation of heat by compression by means of a thermo-couple, one junction of which was fused into the bottom of the compression cylinder. *Colding* wrote a small treatise on the result which is found among *Ørsted's* papers, but he did not get to any decisive result and so *Ørsted* has probably not been willing to publish it. The only mention made of this work is in the Proceedings of the Society of Sciences[2] for 1845 in a communication of one page. This is the last from the hand of *Ørsted* on the compression researches, it states that a series of direct measurements of variations in temperature during the compression of water have shown that when the pressure increases with one atmosphere the temperature of the water rises $\frac{1}{49{\cdot}2} = 0{\cdot}02\,^{0}$ C. He regards the result as being beyond doubt, still he will try to make it certain by a few more series of experiments when the season gets colder. About these no more is ever heard and, as shown above, the numerical result of the measurement is too high.

It is evident that it was the omission of the correction for the reduction in volume of the piezometer during the compression which obscured the significance of *Ørsted's* figures, and caused him to lose interest in completing the experiments because he could not quite definitely make up his mind upon this matter.

[1] Minutes of the meetings of the Society of Sciences 15th Febr. 1839.

[2] Ed. Vol II. P. 527 (with a supplement from *Ørsted's* papers p. 528).

He does not actually write anywhere that the correction is unjustifiable, but he contests the manner in which it is calculated and maintains that not theory but direct observation must decide how large it is to be, and his own attempts at a direct determination led to no decisive result. It is of some interest to observe how difficult the whole question is. *Ørsted*, as we see, has rightly contended against *Colladon* and *Sturm* that the assumption $C_k = 3\,C$ is incorrect. If μ represent the ratio between the change in a unit of length perpendicular to the stretching direction of a rod and in this direction, we obtain the now generally known relation

$$C_k = 3\,C\,(1-2\mu).$$

It was shown already in 1827 by *Cagniard de la Tour*, and later by others, that $C_k > 0$ for most substances, from which it follows that $\mu < {}^1/_2$. *Poisson* thought he could prove that μ must be the same for all substances and equal to ${}^1/_4$. *Wertheim* maintained that $\mu = {}^1/_3$; *Stokes* and many others thought that μ was not the same for all substances and finally, in 1889, *Amagat* measured C_k for various glasses and other substances by compressing rods of them in water just as *Ørsted* had tried to do. *Amagat* found that the value of μ was dependent on the substance. If we get $\mu \overset{>}{\underset{<}{=}} {}^1/_3$ we get $C_k \overset{<}{\underset{>}{=}} C$. According to *Amagat's* measurements the value of C_k for lead should be slightly different from the value for glass, hence the apparent compression of water should be about the same in a glass flask as in a leaden flask, as *Ørsted* had found it. *Regnault* reckoned with a correction of $C_k = 0{\cdot}000002374$ when using a glass piezometer, *Amagat* found a slightly greater value for seven glass piezometers; *Ørsted* was thus right in asserting that the correction was of the same order of magnitude as the errors in his determination of the compressibility of water.

Thus we see that *Ørsted* had reason to look with distrust upon *Colladon* and *Sturm's* correction; also that the problem thus given rise to was of an extremely difficult nature; and that *Ørsted*, in order to solve it, suggested a method which later, in *Amagat's* experiments, determined the size of the correction. That he did not employ any correction at all diminished the significance of the figures which his experiments had given him, but his method has been fundamental for all later work in this domain and

the accuracy of his direct measurements has justified the confidence placed in his method.

The years from 1815 to 1829 proved, scientifically, the most fruitful in *Ørsted's* life. Not only did his electromagnetic discovery mark an epoch, but, as we have seen, his other researches during this period gave results of universal importance. At the same time he rose in esteem among his countrymen. His work in the service of the community was not diminished and his interest in this work gradually increased; thus, in order to promote general education he founded, in 1824, Selskabet for Naturlærens Udbredelse (Society for the Propagation of Sciences), whose organisation was entirely based on great personal activity on the part of its founder who retained the leadership till his death. In 1829 the Polytechnical School was founded on *Ørsted's* initiative, and the great task of its organisation as well as its continued management fell to him who was the principal from its foundation and for the rest of his life. His work as Secretary to the Society of Sciences also increased, partly because the general sphere of action of the Society was enlarged, and partly because it turned to new activities under the very influence of its secretary. Among these may be mentioned Artesian borings, a magnetical observatory, and a meteorological institute, all claiming his thoughts, often his work, and in both cases his time.[1]

The result was that *Ørsted,* during the last 20 years of his life, found only little and disconnected time for scientific work, and was thus diverted from such systematic experimental research as requires a connected time for its completion, whereas his philosophical and esthetic interests, which he had never entirely deserted, became more predominant, their cultivation being more easily combined with his other work. These interests united with his zeal for popular education, found encouragement and appreciation in his intellectual and estheticising circle and led to a fairly extensive production.

Yet he continued to occupy himself with experimental work, but more with such as comes within the scope of the inventor and the teacher than within that of the scientist.

[1] Ed. Vol. III. P. IX. *Kirstine Meyer: H. C. Ørsted's* Arbejdsliv i det danske Samfund (*H. C. Ørsted's* Varied Activities in the Danish Community).

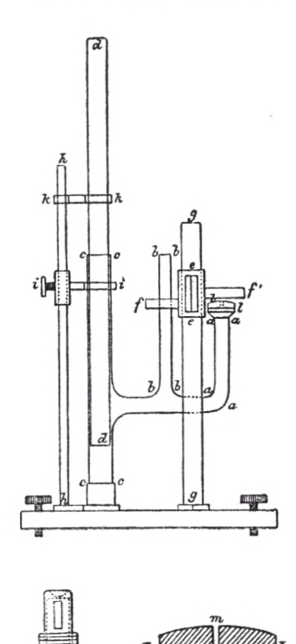
From reports in the Proceedings of the Society of Science and from notes to his monthly lectures we see that he kept abreast, theoretically and practically, of new departures in his science, as requisite in a teacher of the young, and that he tested new experiments and made independent use of them, often suggesting alterations and improvements in the apparatus employed. Further we find him interested in physico-technical experiments as was only natural in the principal of a school for applied science. Thus in 1831 he constructed an apparatus for measuring depths of the sea,[1] a variation on his piezometer, and in 1842 we find him working at the problem of electroplating.[2] He studied *Gauss's* methods of magnetic investigation in 1834—35,[3] established a magnetical observatory at the Polytechnical School and carried out measurements there. In his papers we find proposals for the construction of an automatic metal thermometer for registering atmospheric temperatures, and for new hygrometers. The principle of the latter is that two sheets of metal, riveted to form a hoop, will be able to change the position of an index when one is cooled by water evaporating from its surface while the other, being dry, and isolated from the first, retains the temperature of the atmosphere. He served geology by registering the temperature at various depths in the bores of Artesian wells.[4] He invented an instrument »designed merely for trade« to measure the thickness of glass in silvered mirrors.[5] The apparatus is merely sketched in the »Proceedings« (1844). The idea is simple and neat, though the principle undoubtedly shows to more advantage on paper than in reality.

Reports on a couple of instruments he had designed were made by *Ørsted* at the Meetings of Scandinavian Scientists of which the first took place at Gothenburg in 1839. He was an eager participator in these meetings, and his universal reputation as a scientist and his whole position in the community and in the social world, combined with his eloquence, contributed to render him a conspicuous figure there.

At Gothenburg he exhibited an apparatus for examining the capillary action[6] in metal tubes whose opacity prevented the usual method of reading the difference in height between the fluid in a capillary and in a wider tube. The main feature of the method was

[1] Ed. Vol. II. P. 482. [2] Ed. Vol. II. P. 501. [3] Ed. Vol. II. P. 488.
[4] Ed. Vol. II. P. 505. [5] Ed. Vol. II. P. 523. [6] Ed. Vol. II. P. 413 & 497.

the use of three fairly wide intercommunicating glass tubes one of which carried a ring, ground level, and was closed at the top by a metal plate fitting on to the ring and having a very narrow channel in the middle serving as a capillary. The tubes were filled with liquid, and by a piston in one of them the liquid was made to rise partly into the capillary and partly into the third tube which served to measure the height needed to press the liquid out of the upper mouth of the capillary, or the depth to which it must be made to fall by the aid of the piston in order to detach the fluid from the lower edge of the capillary. The apparatus has doubtless many weak points, it was never used by others and very little by *Ørsted* himself.



At the Meeting of Scientists in Copenhagen in 1840 he exhibited a »new electrometer«,[1] a modification of *Coulomb's* torsion balance and undoubtedly a very sensitive electroscope, but not actually an electrometer, the interdependency of the deflection and the charge of the adjustable rod and of the fixed charged conductor being very complicated; nor has this apparatus obtained any practical significance. Electrical experiments occupied him a good deal from 1840 to the time of his death as may be perceived both from his printed works and his papers — in these latter we find among various other things one or two proposals for new electric multipliers. One of these is interesting, it runs as follows:

»A metal wire bent as in a multiplier and able to revolve easily round two points is placed opposite the poles of a strong magnet in such a way that it will be deflected as soon as it is traversed by electr.« This, then, is the *Deprez-d'Arsonval* galvanometer already foreshadowed here.

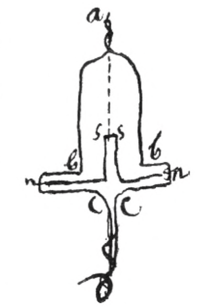
Another proposal is found on the same sheet of paper:

›Febr. the 13th 1845‹

»Might not an excellent multiplier be made in the following way [Fig. P. CLIX]. *n s s n* is a magnetic needle in which *s s* have

[1] Ed. Vol. II. P. 411 & 499.

south-seeking, *n* and *n* north-seeking magnetismus. It is suspended by means of silkworm fibre. *a b c d* a conductor made of two copper wires. As the needle may easily be magnetised so as to have practically no directive force, the conductor must exert great influence on it. It must inter alia be excellent for very slight thermo-electric effects.« Whether this proposal was ever carried into effect we do not know.



Once more we find *Ørsted* occupied with the improvement of the galvanical cell. *Grove* had constructed his wellknown constant galvanical cell, the precursor of *Bunsen's,* with a platinum rod in concentrated nitric acid for the positive pole. *Ørsted* substituted a platinum-coated china cylinder for the platinum rod;[1] by this substitution the cell was made cheaper and thus more suited for general use.

In 1847—49 he made his last, extensive experimental investigations on the subject of diamagnetism. In 1845–46 *Faraday* had published his first works on this hitherto unknown phenomenon, and at a meeting of the Society of Sciences on the 23rd of April 1847 *Ørsted* demonstrated these experiments as well as *Faraday's* experiments on the rotation of the plane of polarised light in a magnetic field. The collection of physical instruments at *Ørsted's* disposal contained a very large electromagnet, so a sufficiently powerful field for exhibiting these sensational phenomena could be obtained. In the course of the summer of 1847 *Ørsted* examined the power of the electromagnet under various circumstances by registering the variations in its carrying capacity according to the number and combination of the cells providing the magnetising current, or the shape and size of the anchor.[2]

Finally, on the 30th of June 1848 he reported on a more extensive series of investigations[3] on diamagnetic phenomena before the Society of Sciences, and these experiments were continued and supplemented[4] by him in the following year. His results were first published in a French memoir printed in Copenhagen and then in the Annales de Chimie et de Physique from which they were translated into German.

For these experiments the before-mentioned large electromagnet was used, with pole plates which in some cases were cylinders, in

[1] Ed. Vol. II. P. 500. [2] Ed. Vol. II. P. 552. [3] Ed. Vol. II. P. 419 & 568. [4] Ed. Vol. II. P. 574.

others flat pieces of iron of 0·09 m. width and 0·026 m. thickness, hence in both cases suited to produce non-homogeneous fields. The observations that most attracted his interest were the following: A small diamagnetic needle, which adjusted itself »equatorially« between the pole planes in relation to their connecting line, tended, when placed above their edges, to take a direction parallel to the latter, and thus formed a right angle with the position it took up between the pole planes, whereas a slightly magnetic body, when between the poles, tended to place itself in the direction of their connecting line, but when above the edges of the pole planes, at right angles to this line, i. e. took up positions at right angles to those of the diamagnetic bar in the same circumstances. A small iron bar, on the other hand, retained its direction along the connecting line, even when raised above the edges of the pole planes.

In consequence of these observations *Ørsted* divides all bodies magnetically into 3 groups: the repellably diamagnetic, the attractably diamagnetic, and those that behave like iron. This division answers to that introduced in modern times: the diamagnetic, the paramagnetic and the ferromagnetic; in a non-homogeneous field the diamagnetic particles will seek the weakest points of the field, the paramagnetic particles the strongest. These points are, however, independent of the direction of the lines of force, and there is nothing to prevent the construction of magnetic fields in which paramagnetic bars are at right angles to the lines of force while the diamagnetic are parallel. Such fields, then, were used by *Ørsted*, and his observations are explained by the rule given above. *Faraday* had previously seen the same thing for diamagnetic bodies and explained the apparently strange phenomena by the irregular character of the field in connection with »the ruling principle that each particle tends to go by the nearest course from strong to weaker points of magnetic force.«[1] But the difference between the positions of paramagnetic and diamagnetic bars in a non-homogeneous field was first mentioned by *Ørsted*, though his observations on this point have passed unnoticed; they show, however, that he observed something new and essential also in this last, more extensive, experimental research.

In one or two other fields he commenced investigations men-

[1] *M. Faraday:* Experimental Researches in Electricity. (Dec. 1845). Vol. III. P. 42. London 1855.

tioned partly in the Proceedings of the Society of Sciences partly in short communications made in foreign periodicals with a view to inducing others to take up the same work. One was the investigation of the changes of mercury in airtight glass bulbs;[1] such changes were observed by him to take place in some glass bulbs and not in others. He began to examine the influence of various glasses and the possibility of demonstrating a change in weight for each observed alteration. This work was never finished.

In 1848 *Ørsted* occupied himself to some extent with experiments in radiant heat according to *Melloni's* method, altering and improving the apparatus in various ways. The results of these researches were mentioned in the Proceedings of the Society of Sciences[2] and they are characterised by a certain completeness; radiations from the heated surfaces of liquids and from heated currents of air were measured by comparing them with the radiant heat from blackened iron of the same temperature. Only few and uncertain numerical results are given.

Thus it seems as if *Ørsted* took up experimental work with renewed interest in 1848—49 in spite of his advanced age. When Denmark was involved in war in 1848 his inventive faculties were brought into play, and we see the same as we have witnessed in 1914—18 that war induces a desire for new methods of destruction and new means of communication. In a letter[3] to Lieutenant-Colonel *Fibiger* dated March 30, 1848, *Ørsted* first alludes to the fact that about 30 years earlier he experimented on the galvanical firing of mines and then goes on to say:

»I now beg to draw fresh attention to this matter, not nearly so much on account of the actual firing of the mines, of which perhaps no use will be made at all in the impending war, as on account of a similar use, an application on a small scale of which I spoke with some experts already some time ago, namely, of burying in a road to be taken by an attacking enemy, under a comparatively thin layer of earth, small reservoirs filled with gunpowder and earth or fragments of stones, which could be fired by a communicating wire on a given signal, and that in a shorter time than one second after the signal. A few pounds of powder would, in spreading destruction among an advancing enemy, effect further confusion.«

From the two following letters it appears that he occupied him-

[1] Ed. Vol. II. P. 525. [2] Ed. Vol. II. P. 565. [3] *H. C. Ørsted's* papers. B. U. H.

self with the communication of sound signals — »telephoning« — through water. The first letter is addressed to Count *Rosen* and is written in April 1850.

»As agreed yesterday I cannot neglect to inform you of the result of the telephonic experiments I caused to be made yesterday. They were entirely satisfactory. The larger of the two bells, which does not, however, weigh more than a hundred pounds, was heard with perfect distinctness even at the greatest distance to which the experiments were carried. That distance was certainly only half a [Danish] mile, but at that distance the sound was almost as loud as close by. Before long the experiment shall be made at greater distances.«

Three days after he wrote to the postmaster-general, Count *Danneskjold Samsøe*, applying for 100 Rdl. in addition to the 100 Rdl. already granted for telephonic experiments. Then comes the following passage: —

»On this subject I have made some experiments. The first took place in one of the water reservoirs of the town under the ice. The sound was heard under the water at various distances, at last as far as 2400 feet. Later I have had experiments made at sea with a larger bell, the weight of which is, however, below 100 pounds. The sound of this bell was heard under the water at various distances which time and circumstances did not permit us to carry further than to half a [Danish] mile, but at that distance the sound produced by the bell was still heard so perfectly and with so little loss of strength that it was highly desirable to push the experiments to greater distances. When now two days ago we wanted to carry out these more extensive experiments and for this purpose had obtained the loan of a small steamer from the Minister of Naval Affairs, in order to carry out the bell to all the distances desired, the big receiver procured for the experiments was accidentally damaged. This has happened once before and necessitated considerable repairs, the new repairs now again required will further increase expenses. . . . . The prospect of a successful result is so far from being diminished that on the contrary it has been increased by the experiments. Should this undertaking be successful, we shall obtain in telephony a means of communication through water which will be much less expensive than the

electromagnetic telegraph.« Of the further result of the experiment no communication was made.

While *Ørsted's* experimental work and production had thus in the latter years of his life a casual and desultory character, he was at the same time a consistent and fertile philosophical author. He obtained a wide circle of readers both in his own and other countries and his philosophical production had thus to a certain extent the effect of diverting the general attention from his works on physical science. He brought the facts and laws of science to bear upon philosophical questions and thus associated his philosophy with science. He assigned to these works the mission of contributing to show »in a clearer light the significance of the sciences for general education.« In his preface to the poem »Luftskibet«[1] (The Airship) (1836) he laid great stress on this purpose: »I am thoroughly convinced that the sciences ought to constitute an essential part of general education, and I should like to contribute to this result as far as I am able . . . . We are all agreed that the sciences should be cultivated. Their immeasurable usefulness recommend them to the general public. Those who have more insight also acknowledge the great effect the sciences must have both on the development of the power of thinking and the power of conceiving and imagining, but as yet no serious attempt has been made to connect them with those thoughts and feelings which move mankind most, and which in my belief might be both expanded and purified by the sciences. . . . . Amongst other things the sciences would seem able to a great extent to act as a guide to us in the investigation of the nature of the beautiful«. He embodied this thought in a series of papers on »Det Skjønnes Naturlære« (The Natural Philosophy of the Beautiful). He had occupied himself with this question at the time of his researches on acoustical figures, and as early as 1808 he wrote a dialogue »Over den Fornøjelse Tonerne frembringe« (On the Pleasure Produced by Music) containing most of the ideas which were advanced and more exactly formulated by him in his later years. In the winter of 1845 he lectured on the »natural philosophy of the beautiful« before the Society for the Propagation of the Sciences, but already in the previous years he had occupied himself with the subject. He published two dialogues on this sub-

[1] Saml. og efterl. Skrifter of *H. C. Ørsted*. Vol. 4. P. 99. Kbhvn. 1851.

ject in 1839[1]; lectured on it at the Meeting of Scandinavian Scientists at Stockholm in 1842; he wrote papers in the Proceedings of the Society of Sciences[2] in 1842 and 43 on the phenomena in optics on which he had based his conclusions; he made brief mention of the results in his Mechanical Physics (1844)[3]; he incorporated these results in a lecture given at the Meeting of Scientists at Kiel in 1846;[4] and supplemented them in his last communication to the Society of Sciences in 1850 — in short, the subject occupied his mind for many years.

I shall now endeavour to give in brief the line of thought evidenced in that part of the philosophical production of his later years, which he himself classed as science, but which has rather had the effect of rendering conspicuous the philosopher *H. C. Ørsted* at the cost of the scientist of that name. The same train of reasoning forms the continuous thread running through his popular philosophical writings.

The phenomena producing impressions of beauty in us reach our consciousness through sight or hearing; we must examine whether these things giving the feeling of beauty have any features in common. The result is: »we receive impressions of beauty from that which is in harmony with reason«. But what are we to understand by »that which is in harmony with reason?« Examples taken from the domains of mathematics and the sciences give us the answer: that which is in harmony with reason is what is governed by simple mathematical laws. Thus, through sight we receive impressions of beauty from forms outlined by simple mathematical curves and planes, especially from such in which symmetry reigns, and through the ear we receive impressions of beauty from tones, which can produce the sonorous figures of the forms mentioned above. The feeling of beauty produced by colours and various degrees of light may likewise be referred to phenomena following simple mathematical laws, hence »attuned to reason« or modelled on »natural thoughts«. This does not, however, mean that the person who receives an impression of beauty from some object is conscious of this fundamental »harmony with reason«. »Beauty pleases us as the impression of an idea of which we are not,

[1] Saml. og efterl. Skrifter. Vol. 3. P. 67 seq. Kbhvn. 1851. [2] Ed. Vol. II. P. 506 & 509. [3] Naturlærens mekaniske Del. Kbhvn. 1844. P. 347 seq. [4] Saml. og efterl. Skrifter. Vol. I. »Aanden i Naturen«. I. P. 125 seq. Kbhvn. 1851. Ed. Vol. II. P. 545.

however, at the same time conscious.«[1] »The idea is the intuitively perceived unity of thoughts;.... it seems to us as if all the thoughts we had found in it now float across our mind in the shape of memories and form a complete impression.«[2]

The question is now raised »how can the reason latent in all objects have the powerful effect on us which is produced by beauty?«[3] This is »answered by the fact that our whole sensual nature is built according to the same fundamental laws as our intellectual nature.« Man is in possession of an »inner sense« »so framed according to the laws of reason in the rest of the world, that it derives satisfaction from whatever bears the stamp of reason, though the enjoyment does not necessarily imply any consciousness of this reason.«[4] There are, however, rather narrow limits to the forms able to affect the »inner sense«; »our inner sense is unable to comprehend the character of other than the simplest thoughts; in so far as the inner sense especially conceives intuitively, figures expressing the simple thoughts, symmetry even of very complicated forms, shades of light and proportions of colour, sound motion (rhythm), the simple harmonies and movements in music will be its chief objects.«[5]

We must then again ask if we can find any cause for this harmony between the simple laws valid for the phenomena and the inner sense. To this *Ørsted* replies: »The laws of nature in the bodily world are laws of reason, the revelation of one reasonable will; if thus we figure to ourselves the whole bodily world as the continual work of eternal reason, we cannot abide by the consideration of this, but are carried on to perceive in our thinking too the same laws of the universe. In other words, spirit and nature are one, viewed under two different aspects. Thus we cease to wonder at their harmony.«[6] Here we see *Ørsted's* idea from his early years, of a unity in the forces of nature, applied, in the last

---

[1] Om Grunden til den Fornøjelse Tonerne frembringe. *H. C. Ø.* Saml. og efterl. Skrifler. Vol. 3. P. 85. Kbhvn. 1851.

[2] l. c. P. 85.

[3] Om Symmetrien og de ved den frembragte Skønhedsindtryk. Saml. og efterl. Skrifter. Vol. 3. P. XIV.

[4] Hele Tilværelsen eet Fornuftrige, speech at the Meeting of Naturalists at Kiel, 1846. Saml. og efterl. Skr. Vol. I. P. 148. The Soul in Nature by *Hans Chr. Ørsted* translated from the German by *Leonora* and *Joanna B. Horner.* London 1852. P. 110.

[5] Ed. Vol. II. P. 584.

[6] To Capitler af det Skjønnes Naturlære. Saml. og efterl. Skrifter. Vol. 3. P. 169.

days of his old age, to the idea of the religious unity of spirit and nature. His last unfinished work, »The Way from Nature to God«, dealt with this subject. Full of plans for the continuation of these works he died on the 9th of March 1851.

H. C. Ørsted's scientific life had been a happy one, happy above all because it opened up quite new fields to science, happy, too, because of the enthusiasm and belief in its worth and significance with which it had been lived from the first days of youth to late old age.

Ørsted was prolific in scientific ideas. His receptive mind assimilated the theories, ways of reasoning and experimental methods of his time and gave birth to new scientific results. In his youth he tried to find general laws for various phenomena by deduction. In the chief work of his manhood he built up the result he had dimly foreseen, inductivily, through experiments. In the second great work of his manhood, on the compressibility of liquids, he employed the same method and threw out suggestions for future enquiry. In the philosophical works of his old age he tried to apply scientific working methods in domains associated with his assiduous work in the service of his countrymen. This work, which engrossed the greater part of his time and thought during his whole life, will be described in a subsequent paper.

H. C. ØRSTED

NATURVIDENSKABELIGE SKRIFTER 1797–1808

H. C. ØRSTED

SCIENTIFIC PAPERS 1797–1808

SVAR, PAA DET VED KJØBENHAVNS UNIVERSITET, I AARET 1797 UDSATTE MEDISINSKE PRIISSPØRGSMAAL: OM MODERVANDETS OPRINDELSE OG NYTTE

(BIBLIOTHEK FOR PHYSIK, MEDICIN OG OECONOMIE, 13. BIND, 3. HEFTE, SIDE 217—277. KJØBENHAVN 1798)

Chemia, oculus Medicinæ alter

HELLIGET MIN FØRSTE LÆRER I KEMIEN, MIN DYREBARE FADER SØREN KRISTIAN ØRSTED, APOTHEKER I RUDKJØBING, SOM ET RINGE BEVIIS PAA FORTSAT FLIID, AF

HANS KRISTIAN ØRSTED, CANDIDAT I FARMASIEN.

Jeg overgiver herved til Publikums, og især mine Medstuderendes Bedømmelse, det medisinske Priisskrift, hvorfor jeg ved sidste Premiekonkourrense var saa heldig at vinde den udsatte akademiske Priis. Jeg troer, at mine Medstuderende helst vilde see det aftrykt uforandret saaledes, som det var da det blev indsendt; og jeg skylder dem den Opmærksomhed at opfylde dette formodede Ønske; men da jeg skylder Sandheden at rette de Fejl, som mine Dommere have gjort mig opmærksom paa, saa er dette skeet i de tilføjede berigtigende Anmærkninger betegnede med de græske Bogstaver: α, β, γ, δ.

Dommen over Priisskriftet var følgende:

Auctor hujus commentationis offert tractatum lucido ordine, perspicuitate & solerti opera conscriptum, præsertim in analysi chemica industriam suam monstravit, materiam propositam bene absolvendo & perficiendo, singulari præterea usus est modestia hodie rara, qva contrarias auctorum sententias reconciliare studuit. Illi ergo laudem et Premium promeritum denegari non posse, omnes censemus, solummodo optantes, ut nonnulla momenta qvæ passim in veritates physicas offendunt, prius corrigantur, qvam in lucem publicam aliqvando prodeat tractatus.

M. Saxtorph, Tode, Bang, Aasheim.

Af alle Naturkyndighedens Deele, gives ingen, hvori der hersker mere Uvished, end i den, som beskjæftiger sig med at undersøge Maaden, hvorpaa Naturen frembringer det dyriske Legeme. Det synes som Naturen har indhyllet denne sin Helligdom i et uigjennemtrængeligt Mørke, og kun vil tillade sine Yndlinger at ahne det som skjules deri. Dog den menneskelige Viidebegjærlighed lader sig ikke sætte Grændser, den vil og opdage de Love, som Na-

turen i denne sin ypperste Forretning er bunden til; med Indbildningskraftens glimrende Farver maler den sig det, som den tro Erfaring ikke viiste den, og skaber sig let omstyrtede Theorier, hvor ikke Kjændsgjærninger vejlede den. Men ville vi ej for evig opgive Haabet om at komme til nogen Vished heri, da maa vi først nøjere undersøge det deraf, som nærmest frembyder sig for vore Sandser; thi at vi selv heri ikke ere saa vidt, som vi kunne komme, beviser de største Naturkyndiges Uenighed. Men saa langt end det ønskede Maal synes borte, saa lidet bør vi dog lade Modet synke, men vove ethvert Forsøg vore Kræfter ville tillade, naar vi blot kunne gjøre os det Haab, at vore Bestræbelser ikke skulle vorde aldeeles unyttige. Tilskyndet af dette glade Haab, begyndte jeg at skrive om Modervandets Oprindelse og Nytte, og opmuntret ved Tilliden til mine Dommeres skaanende Overbærelse fuldførte jeg disse Blade. Dersom de ere lykkelige nok til at vinde deres Bifald, saa er det første af mine Ønsker opnaaet.

Naturgrandskerne have stedse været uenige om Modervandets Oprindelse og Nytte. Et Partie paastod, at det kom fra Fosteret, medens det andet søgte at bevise, at det kom fra Moderen. Paa den ene Side tillagde man det en nærende Kraft, medens man paa den anden Side ganske nægtede samme. Dersom ikke et Ægyptisk Mørke for evig her skal skjule Sandheden for os, da maa vi med al mulig Flid søge at udfinde Modervandets Natur, og ved Kemiens Hjelp adskille det i sine Bestanddeele. Skjøndt mange indsigtsfulde Mænd allerede have betraadt denne Bane, saa viser dog den Uovereensstemmelse, som hersker imellem dem i denne Sag, og den Striid, som endog synes at være mellem afgjorte Erfaringer, at der i denne Materie ikke er skeet alt det som den viidebegjærlige Naturgrandsker kunde ønske. Maaskee har Kemiens Fakkel endnu ikke oplyst denne Materie nok, maaskee kan en Bemærkning, som undgik selv det meest skarptseende Øje, engang opdages af det svagere, og derved sætte alt dette i et klarere Lys. Denne Tanke har smigret mig med det Haab, at jeg maaskee kunde bidrage noget til at ende den kemiske Strid, som man har ført om Modervandets Natur. Jeg skal imidlertid førend jeg skrider til den kemiske Undersøgelse anmærke Et og Andet, som bør vides om Modervandet, især i Henseende til dets sandselige Egenskaber.

Modervandet indeholdes i den inderste af Æggets Membraner, som kaldes Amnios, og skiller sig derved fra det falske Modervand,

som indeholdes mellem Æggets tvende inderste Hinder, Chorion og Amnios. Dette falske Modervand forsvinder efterhaanden, da derimod det sande vedbliver lige indtil Fødselen.

Modervandet findes allerede i Ægget førend Fosteret er dannet[1], og voxer siden med Ægget i Begyndelsen af Svangerskabet, men længere hen tager det af. Naar Fosteret er dannet, kan man sige, at dets Vægt staaer i omvendt Forhold til Fosterets. Naar Fosteret har en Myres Størrelse, vejer dette Vand omtrent 6 Lod[2]. *Verheyen* fandt $1^1/_2$ Pd. Modervand ved en Kalv, som ikkun veiede 3 Qvintin[3]. *Van den Bosch* fandt over 30 Unser ved en Kalv, som kun veiede 7 Unser[4]. *Van Doevern*[5] fandt hos et Fruentimmer, som var død i Svangerskabets 3die eller 4de Maaned, 36 Unser deraf[6]. Men efterhaanden som Fosteret voxer til, nærmer dets og Modervandets Vægt sig mere hinanden, saa at hiint, fra Svangerskabets 6te Maaned af, stedse, naar man undtager yderst sjeldne Tilfælde, overvejer dette. *Wrisberg* fandt i et menneskeligt Æg, som heelt var bragt til Verden, 14, og i et andet 18 Unser Modervand[7]. Naar man opsamler det, som flyder ud under Fødselen, saa erholder man sædvanlig 4, 5 indtil 8 Unser, og kun eengang veed jeg, at man har erholdt 11; det øvrige bruges til at befugte og slibriggjøre Fødselsdeelene.

Hvad Modervandets spesifike Tyngde angaaer, saa kunne vi med Vished bestemme derom, at det er tungere end Vandet, men at bestemme den nøjere, lader sig ikke gjøre, da Modervandet til forskjællige Tider har forskjællig Tyngde. Saa meget lader sig dog bestemme, at Modervandet tiltager under Svangerskabet, i Tyngde saavel som i Tæthed.

I Førstningen af Svangerskabet er Modervandet vandklart, eller har en svag guul Farve. Under Fødselen taber det sin Klarhed, og bliver noget melkagtigt. Aarsagen dertil er uden Tvivl denne, at Modervandet, paa den Tid Fødselen gaaer for sig, kommer i saa heftig Bevægelse, at det bliver istand til, ved Hjelp af sine slimige Deele, at indgaae en Forbindelse med det fittige Væsen, som beklæder Fosterets Overflade, hvorved det naturligviis maae blive melket og uigjennemsigtigt. Da den kemiske Analyse viiser, at Modervandet indeholder noget Ludsalt, saa var det vel og mueligt, at dette kunde indgaae en Forbindelse med det fitagtige Væsen, og

[1] Blumenbachs Institutiones Physiologiæ. §. 571 i en Anmærkning.
[2] Halleri Elementa Physiologiæ. p. 192. [3] L. c.
[4] Van den Bosch de natura & utilitate liqvoris amnii. §. 9. [5] [ɔ: van Doeveren]. [6] Ibid. [7] Ibid.

derved danne en Sæbe[1], hvorved denne Opløsning gik desto lettere for sig. I unaturlige Tilfælde har man og fundet denne Vædske farvet rød, eller med en anden usædvanlig Farve. Saaledes fandt *van Doveren*[2] den overmaade rød[3], saa at han neppe derigjennem kunde skjælne Fosterets Stilling.

Lugten er ikke betydelig ved det friske Modervand, derimod naar det har staaet noget, og fornemmeligen naar det koges, giver det en Lugt, som kommer Melkens meget nær. Dets Smag er heller ikke den af Melkevalle ulig. Naar man tager lidet deraf mellem Fingrene, viiser det sig klæbrende og slimigt.

Men nu til Modervandets kemiske Egenskaber. Det er et sandt Særsyn at see Forsøg, som ere anstillede af de meest indsigtsfulde Mænd, saa aldeeles stridende mod hinanden, som de angaaende Modervandet. Efter nogles Forsøg løb det sammen saavel i Ilden, som blandet med Syrer, Alkohol eller sammensnærpende Plantestof. Andre derimod have seet det modsatte Udfald af deres Forsøg. De første maatte naturligviis antage dets Lighed med Blodets Lymfe, som er en noget fortyndet Æggehvidestof, de sidste derimod have snart sammenlignet det med Slim, snart med Gallert, og snart med Urin. Jeg skal anføre de Forsøg og Erfaringer, der tale for det eene Parti, saavel som de, der tale for det andet, og tillige søge at viise, at de ret vel lade sig forene med hinanden, og at Striden mellem dem altsaa blot er tilsyneladende. De fleeste og vigtigste Forsøg ere anstillede af *Van den Bosch. Roederer* har og anstillet nogle med lignende Udfald. For, om mueligt, at komme til noget mere Vished i denne Sag, har jeg selv eftergjort deres Forsøg, og dertil endnu føjet et Par egne.

Jeg anseer det for nødvendigt, førend jeg gaaer videre, at anmærke, at det Modervand, som *Bosch* og jeg have benyttet os af til vore Forsøg, var taget under Fødselen. At det som *Roederer* betjente sig af var ligesaa, er meget at formode, da han, som Fødselshjelper, havde saa megen Lejlighed til at erholde samme. Da det er nødvendigt til de kemiske Forsøg at have det saa befriet for fremmede Deele som muligt, saa maae det først gjennemsies, for derved at skille det fra den Sliim og andre fremmede Dele, som det indeholder. *Roederer* og *Bosch* fortælle, at de have gjort det samme.

---

[1] Jeg har her overseet, at Ludsaltet ikke letteligen findes i ætsende Tilstand i det dyriske Legeme, da det har saa megen Lejlighed til at mætte sig med Kulsyren. (*a.*) [2] [ɔ: van Doeveren].

[3] Hos et Fruentimmer, som var død af en Morbus acutus. Van den Bosch. l. c. §. 19.

Naar man blander de blaae Plantesafter med Modervandet, saa lide de ikke strax nogen Forandring i deres Farve, men naar det har staaet lidet, med Fiolsirupen een Time, med Brassikatinkturen en halv Time, saa erholder det en grøn Farve. Naar man først har indkogt det til det halve, saa skeer denne Forandring snarere. *Van den Bosch* vil heraf bevise, at det indeholder noget Alkali[1], jeg derimod troer, at dette Forsøg ikke berettiger til denne Slutning. Det forekommer mig tvertimod at det viiser, at Ludsaltet maae være dannet efter at Syrupen var sat til. Dette skeer og ved andre dyriske Vædsker, som ere tilbøjelige til at gaae i Forraadnelse, da de, under denne Operation, sammensætte Ammoniak, af deres Vandstof. Naar man har afdampet det til det halve, skeer Plantesaftens Omfarving hastigere, fordi der under Afdampningen har dannet sig flygtigt Ludsalt. Ved disse Foenomener viiser da Modervandet sig ikke forskjællig fra de øvrige vandagtige dyriske Vædsker, f. Ex. det af Blodet og Gallerten destillerede Vand.

Efter nogles Forsøg koaguleres Modervandet, ved Hjelp af Svovel- og Salpetersyren[2]. For mig har det derimod ikke villet lykkes, heller ikke for *Bosch*[3] og *Roederer*[4]. Naar man blander Svovelsyren, i store Portioner, til Modervandet, saa opstaaer der en Hede, men der viser sig intet Bundfald; hvilket derimod skeer, naar kun lidet deraf sættes til. Aarsagen dertil maae være den, at megen Syre opløser igjen Bundfaldet. Heraf lader det sig da forklare, at *Roederer* erholdt noget, *Bosch* intet Bundfald. Med Salpetersyren erholdes noget mere Bundfald, med Saltsyren og, skjøndt ikke saa meget som med Salpetersyren. Jeg har heller ikke ved nogen af de øvrige Syrer kunnet bringe Modervandet til at koaguleres; med Alunen lige saa lidet, skjønt andre fortælle at det lykkedes dem[5].

Reene Ludsalte frembringe mærkelige Skyer i Modervandet, de kulsure derimod mindre. *Roederer* erholdt dem dog, med det saakaldte *oleum tartari per deliqvium*, temmelig tykke, lig dem som sees, naar man blander Alkohol med Vand, hvori der er opløst Sukker[6].

Med Alkohol koaguleres Modervandet ogsaa efter nogles Angivende[7], men efter de Forsøg, som *Roederer*, *Bosch* og jeg selv anstillede, frembragte det kun temmelig tykke melkagtige Skyer, hvilke bedst sees, naar det har staaet noget.

---

[1] l. c. §. 14. [2] Haller l. c. p. 194. [3] l. c. §. 15. [4] Opuscula medica. p. 99 & 100.
[5] Haller l. c. P. 194. [6] l. c. [7] Haller l. c.

Den sammensnærpende Plantestof, f. Ex. den i Galæbleinfussionen, gjør efter *Roederers* og mine Forsøg, Modervandet temmeligen uklart, ved et stærkt Bundfald. *Haller* derimod beretter at man ogsaa ved Hjelp af dette Middel, har faaet Modervandet til at koaguleres.

Det salpetersure Qviksølv, blandet med Modervandet, giver først et melkagtigt Bundfald, men dette gaaer siden over i et svagt Rosenrødt. Dette giver Anledning til at formode, at Modervandet maa indeholde Fosforsyre, da man af dette Bundfald kan lave Fosfor. *Fourcroj* har nemlig viist, at det røde Bundfald, som af Blodvandet og andre dyriske Vædsker erholdes ved det salpetersure Qviksølv, bestaaer af Fosfor og Kalkjord[1]. Herved maa dog anmærkes, at det Bundfald man erholder af Blodvandet, er langt mere end det man erholder af Modervandet, hvoraf følger at dette maa indeholde mindre Fosfor end hiint.

Over Modervandets Forhold i Varmen have vi fortrinligen mange Forsøg; men desværre, ligesaa stridige som de før anførte. *Rhades* fik det til at koaguleres ved 188^0 Varme, naar det var taget af Dyr, og det af Mennesker endnu lættere[2]. Foruden ham anfører endnu *Haller* mange som have anstillet dette Forsøg med samme Udfald. Men paa den anden Side ere der ligesaamange, hvis Forsøg gave dem det modsatte Resultat. *Mauriceau, Roederer, Bosch* og en stor Deel andre, som *Haller* opregner, saavelsom og jeg selv, have ikke kunnet bringe det til at koaguleres i Varmen. Jeg kom Modervandet i et fladbundet Kar, paa det at Suurstoffen, den *Fourcroy*[3] ikke uden Grund anseer for Aarsagen til Æggehvidestoffens Koaguleren, destobedre kunde træde i Forbindelse med det, fra den omgivende Luft, og satte det i Sandbadet. Jeg gav det i Førstningen sagte Ild og siden stærkere indtil det kogte, men intet Koagulum lod sig see deri. Jeg fortsatte Kogningen, indtil omtrent $^9/_{10}$ var bortdampet, men jeg erholdt intet uden en sejg Hud, ovenpaa dets Overflade, som ingenlunde kan ansees for et Koagulum. Jeg forsøgte at opløse denne Huud i Ludsaltopløsning og i Vand, men det vilde ikke lykkes. Herved overbevises vi om, at Modervandet ikke kan være Gallert, da dennes Residuum efter en Afdampning, igjen kan opløses i Vand. Jeg hensatte det efter Afdampningen overblevne Flydende paa et koldt Sted, for at see om det ej vilde anskyde Kristaller.

[1] Fourcroy Elements de Chimie Ed. IV. T. 4. p. 313 og følgende. [2] Haller l. c.
[3] Crells chem. Anal. 1793. 2 B. S. 445.

Der viste sig vel ogsaa efter 24 Timer nogle meget smaa Kristaller, men deres Mængde var saa ringe, at jeg ikke kunde undersøge dem nøjere. Destillationen af Modervandet har samme Udfald som den af andre dyriske Vædsker, i Henseende til de Fluida, som derved frembringes. Først, gaaer der nemlig reent Vand over, siden Alkalinsk Spiritus, og endeligen empyrevmatisk Olie. Af Modervandets vandagtige Natur var det at vente, at det kun vilde give lidet af det sidste, og virkeligen svarede ogsaa Udfaldet af Destillationen til denne Formodning. Kun nogle faa Draaber saadan Olie gaae over. Kullet som bliver tilbage er især en Undersøgelse værd, for deraf at lære hvilke Salte Modervandet indeholder. Naar den opløselige Deel af Kullet er smæltet i Vand, saa erholder dette derved en ludsaltagtig Smag, og det gule Bundfald som det giver, naar det blandes med en Sublimatopløsning, bekræfter dette vore Sandsers Vidnesbyrd. Naar man paa Kristallerne af dette udludede Salt gyder Svovelsyre, saa udvikles deraf Saltsyre, som tydeligen giver sig tilkjende for Lugten. Om dette skal beviise Nærværelsen af noget Kogsalt eller noget Digestivsalt, lader sig kun vanskeligen afgjøre, naar man ikke har større Mængde tilbage end den man erholder af 8 Unser, som jeg tog. At det kun maae være tilstede i liden Mængde, sees deraf, at det kun med megen Vanskelighed knittrer i Ilden. I det fra Destillationen tilbageblevne lader sig ikke ved Magneten noget Jern opdage. Jeg har her ikke bestemt hvormeget svagt alkalinsk Vand, og hvormeget af det stærkere jeg erholdt, da dette kun er forskjælligt fra hiint i Henseende til Mængden af dets Alkali, og man faaer enten mere af det ene, eller af det andet, efter som man tidligere eller sildigere tager Forlaget fra.

Da det er uden for al Tvivl, at Modervandet indeholder mange fremmede Deele, saa hensatte jeg det i 24 Timer i en vel tilproppet Flaske, paa det at det ikke skulde gaae over i Forraadnelse. Jeg fandt da efter den Tids Forløb, at en Mængde Slim havde sadt sig til Bunds, og en Deel Fittighed svømmede ovenpaa. Det første kunde omtrent beløbe sig til en tolvte Deel af det hensatte, det sidste til en sextende Deel. Jeg har ikke nogentid havt saa meget deraf at jeg kunde anstille nogen kemisk Undersøgelse derover, og at gjemme det til man faaer mere lader sig ikke gjøre, da det saa hastig gaaer i Forraadnelse.

Naar man udsætter Modervandet for den fri Lufts Paavirkning, saa undergaaer det samme Forandringer som de øvrige dyriske

Vædsker, under lige Omstændigheder, det gaaer nemlig i Forraadnelse. Ved denne Forraadnelse er der blot at lægge Mærke til, at Modervandet ikke først gaaer i suur Gjæring, hvorved det adskiller sig fra Gallerten. I øvrigt udmærker det sig, under Forraadnelsen, ikke fra de øvrige dyriske Vædsker.

Af disse Forsøg lader sig nu Modervandets Grundbestanddele udlede. Det med Ludsalt svangre Vand, som først gik over, indeholdt som Vand, Suurstof og Vandstof, som flygtigt Ludsalt, Vandstof og Stikstof. Den empyrevmatiske Olie, som deels gik over for sig selv, deels blandede sig med det alkalinske Vand, og farvede det guulagtigt, hvilket jeg glemte før at erindre, bestaaer af Vandstof, Kulstof og meget lidet Suurstof. Det udludede Kul viiste, at det indeholder fix Ludsalt og Kjøkkensalt eller Digestivsalt. Forsøget med det salpetersuure Qviksølv viiste, at det indeholder Fosforsuur Kalkjord. Modervandets Grundbestanddeele ere altsaa, Vandstof, Stikstof, Kulstof, Suurstof, Fosfor og Kalkjord.

Her have vi nu da en Deel Forsøg og Erfaringer om Modervandet, men hvor modsigende! Paa den ene Side fortæller man, at Modervandet løber sammen i Ilden, naar det blandes med Syrer, med Alkohol eller med den sammensnærpende Plantestof, men i alt dette ligner Modervandet Blodets Lymfe og Æggehviden; vi maa altsaa antage dets Hovedbestanddeel, efter disse Forsøg, for Æggehvidestof. Men paa den anden Side ere der endnu talrigere Forsøg, som synes at tale for det modsatte. Skulle vi nu foreene disse Forsøg med hverandre, saa bliver det nødvendigt at vi enten antage at Modervandet, som blev brugt til hiine Forsøg, ikke har været i sin naturlige Tilstand, eller vi maae beviise at Æggehvidestoffen kan være i to forskjællige Tilstande, af hvilke, den i den ene koaguleres, i den anden ikke. Det Svar, som man ofte har givet paa dette Spørgsmaal, at det Modervand som ikke koaguleres, skulde være gaaet i Forraadnelse, vil neppe tilfredsstille nogen, der, som jeg selv, har havt Lejlighed til at see, at det saa frisk som muligt taget fra Moderen, dog ikke koaguleres.

At Æggehvidestoffen virkeligen kan findes i en Tilstand, hvori den ikke lader sig bringe til at koaguleres, derom vidner den kemiske Erfaring. Naar man nemlig blander een Deel af Blodets Lymfe, som paa lidet nær er en med Vand fortyndet reen Æggehvidestof, med 6 til 8 Deele Vand, saa vil det ikke længere koaguleres ved Varmen. For at komme til nogen mere Vished i denne

Sag, blandede jeg 12 til 16 Deele Vand til een Deel Æggehvide, og underkastede nu denne Blanding de samme kemiske Forsøg, som jeg havde foretaget med Modervandet, og Forsøgene gave mig samme Resultater. Den bragtes ligesaalidet som Modervandet, ved noget af de sædvanlige Midler til at koaguleres, og naar det allermeste deraf var bortdampet over Ilden, saa erholdt man en ligesaadan Huud paa dens Overflade, som den paa Modervandet. Denne Huud havde og, ligesom den paa Modervandet, den Egenskab, at den ikke lod sig opløse i Vand eller Alkali. Tage vi nu hermed de forskjællige Forsøg tilsammen, hvori det lykkedes at koagulere Modervandet, saa synes det temmeligen afgjort, at det er en fortyndet Æggehvidestof, som kun undertiden har den Tæthed, at den er istand til at koaguleres.

Men hvorfor, kunde man indvende, lykkedes det kun for Anatomerne, som toge Modervandet af det døde Legeme, og ikke for Fødselshjelperne, som toge det af Moderen ved Fødselen, at koagulere Modervandet? Leder dette ikke til den Mistanke at Modervandet, som brugtes til de førstes Forsøg, ikke har været i en naturlig Tilstand? Jeg troer hertil at kunne svare det bestemteste Nej! Sandt nok er det, at det i Almindelighed har været Anatomerne som det har lykkedes for, og at de dertil toge Vædsker af døde Legemer; men var det altid af saadanne som vare døde af en Sygdom? Nej, uden Tvivl ikkun sjældent. De ældre Anatomer, og af disse er det at vi herover have de fleeste Forsøg, havde ikke saa ofte Lejlighed til at anstille deres Forsøg paa Mennesker, da det sjældnere faldt i deres end i de nyere Anatomers Lod at faae menneskelige Liig at sønderlemme, de toge det derfor af Dyr, og disse vare sikkert, paa et eller andet sjældent Tilfælde nær, sunde. Jeg skal, ved at anføre nogle af disse Forsøg, bekræfte min Paastand. *Vieussens* koagulerede ved Ildens Hjelp, Modervandet af et Faar, som var fire Maaneder henne i Svangerskabet[1]. At dette Dyr ikke har været sygt, kan man være temmelig sikker paa, da denne fortræffelige Anatom, som ellers saa nøje beskriver den Sygdom hvoraf Mennesket var død, som han anatomerede, her slet ikke taler om nogen Sygdom. *Rhades* fandt Modervandet af Dyr koagulabelt i en Varme af 188°, og det af Mennesker endnu mere tilbøjeligt dertil[2]. *Langlej* fandt Modervandet hos Kyllingen koagulabelt, naar denne var

[1] Vieussens novum vasorum corporis humani Systema 1655 [ɔ: 1705] 12. p. 22 & p. 13.
[2] Haller l. c. 194.

kommen til nogen Modenhed, ellers ikke[1]. *Hertod*[2] fandt det ligeledes koagulabelt i en Hund[3]. *Maday* fandt det koagulabelt i et tremaaneders aborteret Æg[4].

Imod alle disse klare Beviser lader det sig dog ikke nægte, at Modervandet undertiden er koagulabelt. Det kommer nu kun an paa at besvare det Spørgsmaal: Hvorfor er det Vand, som flyder ud under Fødselen, det ikke ligeledes? Jeg maae besvare det ved at viise, at Modervandet igjen under Fødselen taber sin Koagulabilitet. Dette kunde man allerede af Sagens egen Natur formode. Den Fittighed, som omgiver Fosterets Overflade, og som man tit seer i Klumper svømme omkring i Modervandet selv, den Sliim som Fosteret, fornemmelig i den sidste Tid, i en ikke ubetydelig Mængde afsondrer, kan ikke andet end blande sig med Modervandet, under den Bevægelse, det sættes i, saavel ved Moderens Sammentrækning, som ved Fosterets egen Bevægelse. Herved maa nødvendigviis en Deel af Modervandets Æggehvidestof forbinde sig med de fitagtige Deele, som deels overtrække Fosterets Overflade, deels flyde omkring i dette, ligesom Æggehviden, ved Rystning og Rivning, forbinder sig med Olien; Slimen maae ligeledes forbinde sig med nogle af Æggehvidestoffens Partikler, og derved danne en temmelig sejg Materie. Da det meest slimige ogsaa lættest hænger fast ved det, som det kommer i Berørelse med, saa vil disse Æggehvidens Forbindelser for det meste gaae bort, til at slibriggjøre Moderskeden med, i det Fosteret skal passere den. Det som endnu bliver tilbage af Slim og Fitagtighed maa blive paa Filtrum, naar man gjennemsier det, for at erholde Modervandet klart. Lod man endog dette alt blive deri, saa vilde det dog ikke bringes til Koagulum, fordi Slimen og Fittet holde Æggehvidestoffen saa stærkt forbunden med sig. Heraf sees, at Modervandet under Fødselen, ja vel og lidet før den Tid, maae tabe meget af sin Æggehvidestof, hvorved den ringe Mængde som det beholder tilbage, bliver saa fortyndet, at det ikke mere lader sig koagulere. Disse Fornuftslutninger, tilsammentagne med de anførte Forsøg, synes allerede, indtil en høj Grad af Evidents, at have gotgjort at Modervandet taber sin Koagulabilitet, naar Fødselstiden er forhaanden. Jeg har imidlertid et Vidnesbyrd af *Malpighi* tilbage, som hæver denne min Mening til Vished. *Hoc*

[1] Ibid. [2] [ɔ: Hertodt] [3] Ibid.

[4] Maday [ɔ: Madai] Specimen, sistens anatomen ovi foecundati, sed deformis. §. 1. No. VII.

unum addam, siger denne store Mand om Hønens Æg, *tenue albumen, corio contentum, igni appositum interdum evanescere, præcipue a die decima ad pulli exitum. Idem freqventer accidit contento succo in amnio, qvi in tenello tamen pullo secundum aliqvam suam partem concrevit, in adulto vero & mox nascituro præcipue, salsus redditus igne evaporat*[1].

Endnu kan hertil lægges, at Modervandets Bestanddeele, ifølge den kemiske Analyse, i slet intet ere forskjællige fra Æggehvidestoffens, der ligesom Modervandets ere: Vandstof, Kulstof, Stikstof, Suurstof, Fosfor og Kalkjord[2].

I Følge af alt dette, troer jeg altsaa, at man med Rette kan antage: at *Modervandet væsentligen bestaaer af en tynd vandagtig Opløsning af Æggehvidestoffen,* som hverken i Begyndelsen eller Enden af Svangerskabet indeholder Partikler nok af denne Stof for at bringes til Koagulation, men derimod imellem disse to Extremiteter ofte viser denne Egenskab.

Da vi nu have gjort os nogenledes bekjændt med Modervandets Natur, saa kunne vi med des mere Sikkerhed haabe, at vi kunne bestemme noget om dets Oprindelse og Nytte. Først ville vi beskjæftige os med dets Oprindelse.

At bestemme noget om Modervandets Oprindelse ansaae jeg for den vanskeligste Deel af mit Forehavende. Det er en Opgave som hverken sin Tids ypperste Fysiolog, *Haller*, eller en af vor Tids, *Blumenbach*, have troet sig til at opløse. Jeg er derfor sikker paa Tilgivelse om jeg ikke skulde være istand til at fremføre noget tilfredsstillende derover.

Jo mindre man har været istand til at sige noget bestemt om Modervandets Oprindelse, des frugtbarere har man været paa Theorier. De fleeste af disse have lidet for sig, og uigjendrivelige Indvendinger imod sig. Jeg skal opstille dem jeg kjænder, og beder om Overbærelse hvis jeg skulde have glemt nogen, som let er muligt, da de ere omstrøede i en saa stor Mængde Bøger, af forskjælligt Indhold, at man ikke er istand til at læse dem alle.

Theorierne om Modervandets Oprindelse dele sig i to Classer. De som sætte Kilden til denne Vædske i Moderen høre til den ene, de som sætte den i Fosteret, til den anden. Disse kan jeg gjendrive

---

[1] Malpighii Diss. de formatione pulli p. 12 i den Udgave som findes i hans opera omnia Londini 1687. 2 Deel.

[2] Grens Handbuch der gesamten Chemie §. 1600.

alle under eet, hine derimod maae jeg tildeels behandle noget vidtløftigere[1].

De som troe at Modervandet har sin Oprindelse fra Fosteret, antage at det er:

1) Fosterets Sveed.
2) — Urin.
3) En Blanding af begge.
4) En Saft som udflyder af Fosterets Bryster.
5) Fosterets Spyt.
6) En Blanding af dets Spyt, Snot og Urin.
7) En Saft som udflyder af dets Anus.

Disse Theorier gjendrives alle til sammen 1) ved den Bemærkning, at Modervandets Vægt staaer i omvendt Forhold til Fosterets, som før er viist; 2) derved, at de alle stride mod Resultaterne af den kemiske Analyse, som er foretaget med Modervandet; 3) gjendrives disse Theorier paa det fuldkomneste derved, at Modervandet existerer førend Fosteret, eller i det mindste, før det er kjændbart for vore Sandser.

De som sætte Kilden til Modervandet i Moderen, antage enten at det kommer middelbart eller umiddelbart fra hende. Hine holde Efterbyrden for Kilden dertil, disse ansee Uterus derfor. Til de første henhøre: A, de som antage Navlesnoren for det Sted, hvorfra Modervandet oprinder: B, de som antage Æggets Hinder derfor: C, de som gjøre Moderkagen til Kilden: D, den Hypothes *Roederer* antog, at Ægget skulde være en *Folliculus mucosus*[2]: E, den af *Bonfilius*[3] antagne Meening, at Modervandet er i Ægget førend Fosteret og at det voxer tillige med dette.

Til A henhøre de, som holde

α) Navlestrængens smaae Vorter,
β) dens Saftgange,
γ) Enderne af dens Arterier for Modervandets Kilde.

Disse Meninger kunne ikke bestaae med den Erfaring, at de fireføddede ægfødende Dyr vel have Modervand, men ingen Navle-

[1] De fleeste af de Theorier jeg her kommer til at anføre findes hos Haller, i Elem. Physiol. 8 D. P. 196—98, og i Temel [ɔ: Themel] Commentatio qva nutritionem foetus in utero per vasa umbilicalia solum fieri, occasione monstri ovilli sine ore et faucibus nati, ostenditur. Ved dem, som ikke findes paa nogen af disse Steder, skal jeg anføre Bogen hvoraf jeg har taget samme.

[2] Roederer opuscula medica p. 100.

[3] [Themel har: Bonfiliolus].

stræng. Ligesaalidet kan det foreenes dermed, at Modervandet findes i Ægget førend Fosteret, altsaa og førend Navlesnoren er dannet, som jeg alt ovenfor har anført.

Under B henhøre de som sætte Modervandets Kilde i

α) Korions Kjertler,
β) — lymfatiske Kar,
γ) Amnions Kjertler.

Disse tre Hypotheser angive Kilder, hvis Tilværelse aldrig anatomisk er gotgjort. Uden en anatomisk Demonstration blive de kun blotte Hjernespind, og de derpaa byggede Theorier staae paa en Sandgrund, som ved mindste Pust omstødes. *De la Motte*[1] anfører vel at *Mery*[2] viiste ham lymfatiske Kar, fulde med en klar Vædske, som slyngede sig ikke allene gjennem de Membraner som indeholdt dette Vand, men gjennem alle Deele, som tjene til Generationen, og forsvandt strax efter Dyrets Død; men deels mangler dette Bekræftelse af flere Anatomer, deels kunde man maaske og spørge, om det ikke var rimeligere at antage, at disse Kar indsugede deres Vædske af Modervandet, da de forsvandt efter Døden, end at antage dem for Kilder til Modervandet. Dette bliver endnu derved mere rimeligt, at *Brugmans* saae ligesaadanne lymfatiske Kar under Fosterets Huud, der ogsaa tabte deres Vædske ved Fosterets Død[3].

Til C hører deres Mening som antage, at Modervandet kommer fra smaa Melkrør, som gaae fra Moderen, og udgyder sig i Amnios. At denne Mening strider imod Modervandets kemiske Analyse er aabenbart.

D. *Roederers* Hypothes grundede sig paa den kemiske Analyse han selv havde foretaget med Modervandet. Da han ikke kunde faae det til at løbe sammen i Varmen, men det tvertimod lod sig næsten ganske bortdampe, og tilsidst forbrænde med en ubehagelig Lugt, saa tog han det for en Mukus, og ansaae Ægget for en *Folliculus mucosus*. Sin Mening troede han end ydermere derved bekræftet, at Modervandet efterhaanden bliver tykkere, ligesom Mukus. Paa hvor svage Fødder denne Hypothese staaer, indsees bedst af den kemiske Analyse, som jeg har opstillet ovenfor.

E. Hvad vi skal dømme om *Bonfilii* Mening er let at indsee. Ved at antage at Modervandet opkommer tillige med Ægget og voxer med det, har man slet ikke besvaret Spørgsmaalet: hvorledes op-

---

[1] Traité des accouchements. 1 Bog 24 Cap. [2] [ɔ: Méry]. [3] Bosch de liqvore amnii §. 62.

rinder Modervandet? thi for at have besvaret dette maatte man da tillige have forklaret, paa hvad Maade dets Tilvæxt skeete. I øvrigt fortjener dog denne Meening nogen Opmærksomhed, da den ikke, det jeg veed, kan have nogen vigtig Indvending imod sig, og, ved sin beskedne Forklaringsmaade, tillader os, naar vi eengang faae fleere Kundskaber, da og at kunne forklare dets Væxt rigtig. Hvorfor ville vi og forlange at forklare Modervandets Tilvæxt, medens vi ikke see os istand til at forklare de Hinders Væxt som indslutte det? Lidet mere om denne Mening i det følgende.

Levret har erklæret sig for den Mening at Modervandet kom fra Uterus. »Det indre af Uterus, siger han, er gjennemboret af en stor Mængde meget smaa Huller, som man ikke ligefrem opdager, uden ved visse Lejligheder, som gjøre dem bemærkelige: Disse smaa Aabninger gjennembore en Hinde, som er saa fiin, at Anatomer have nægtet dens Tilværelse; denne Hinde skjuler en Substants der er ligesom pulpøs eller selluløs«[1]. Fra de her omtalte fine Aabninger, troer han at den klare og lymfatiske Deel af Modervandet kommer, men den Deel, som gjør den uklar, holder han for Fosterets Exkretioner[2]. Den Mening kan umueligt ansees som beviist, førend man gotgjør, at der findes en Vædske i Moderens Sellevæv, der er eens med den, som findes i Æggets inderste Hinde. Saalænge intet saadant beviises, seer jeg ingen Grund til at antage denne, i øvrigt saa fortjente Mands, Mening.

Uden Tvivl ligger Aarsagen til alle disse Theoriers Ufuldkommenhed deri, at man alt for nøje har villet angive Stedet hvor denne Vædske skulde have sit Udspring, da den mueligt kommer fra fleere Kilder paa engang, og at man for lidet har taget Hensyn til denne Vædskes Natur. Sammenligne vi Modervandet med de øvrige dyriske Vædsker, saa er det ved første Øjekast indlysende, at det kommer *liqvor pericardii* meget nær[3], og at det næst efter den ligner Blodvandet, som bestaaer af Æggehvidestof fortyndet med Vand,

---

[1] L'Art des Accouchements par Levret. §. 165.

[2] Ibid §. 316. Haller tillægger, i hans tit anførte Fysiologie, S. 196, Levret den Mening, at det skulde komme fra Korions Haarrør, men i den 3die Udgave, som jeg her har benyttet mig af, staaer intet lignende. Den 2den Udgave, af hvilken Haller benyttede sig, har jeg ikke ved Haanden.

[3] Bosch sammenligner og disse to Vædsker med hinanden, men af ganske andre Grunde end jeg. Han bifalder Sammenligningen, fordi liqv. pericardii kun lidet lader sig koagulere, jeg derimod fordi at det dog noget lader sig koagulere, altsaa, ligesom Modervandet indeholder lidet Æggehvidestof.

og nogle Salte. Denne Mening kan tildeels bringe os paa en rimelig Formodning om Modervandets Oprindelse. Hjertesækkens Vand uddunster fra Blodet, og er intet andet end uddunstet Blodvand. Da nu denne Vædske staaer i samme Forhold til Blodvandet som Modervædsken, saa synes det rimeligt, at det og paa samme Maade oprinder[1]. Men hvor ere de Arterier hvorfra det skulde oprinde? Dette Spørgsmaal have adskillige, i de nyere Tider endnu *Bosch*, besvaret ved at angive de Arterier, som slynge sig igjennem Amnios, for denne Kilde. Hans Grunde synes mig dog ikke at bevise det de skulde. Den Indvending at man ikke kan opdage Blodkar i Amnios gaaer han ganske vel i Møde ved at vise at de findes hos Dyrene, og at man altsaa analogisk kan derfra slutte sig til, at de og maa findes hos Mennesker. Desuden henviser han og til *Wrisbergs observationes de structura corporis humani p. 22.*, hvor denne ypperlige Anatom fortæller, at han har seet nogle faa Blodkar i Amnios. Men det fornemste, hvorpaa han beraaber sig, er *Monros* Experiment, hvorefter det i Navlestrængen indsprøjtede varme Vand igjen udsvedte i Amnios. Men dette Forsøg beviser dog ikke, at alt Modervandet kommer fra disse Arterier; det gjør det blot rimeligt at noget af det kommer derfra. At det altsammen skulde komme derfra er umueligt, da Modervandet, som jeg alt ovenfor har erindret, er til førend Fosteret, eller Navlestrængen, hvorfra disse Arterier skulde komme. Det synes mig imidlertid, efter det anførte Forsøg, rimeligt at Amnios ved Hjelp af disse Arterier bidrager til Modervandets Tilvæxt, men at noget af det maa komme fra Moderen, er ved dets Tilværelse før Fosteret, uden Tvivl paa det meest afgjørende bevist, og trænger ikke engang til Understøttelse af den Erfaring, at man har fundet Modervandet guult efter Safran, som Moderen havde indtaget. Uden Tvivl kommer en stor Deel af Modervandet deraf, at noget Lymfe i Moderkagens Blodkar forvandles ved de omliggende Deeles Varme til Dampe, som trænge sig igjennem Æggets Hinder, ind i Amnios's Hulhed, hvor det afsætter nogen Varmestof, og derved igjen kommer i draabbar flydende Tilstand. Derved lader det sig let forklare, at Modervandet er en fortyndet Lymfe, thi det er fornemmeligen de vandagtige Dele som saaledes forvandles til Dampe, og rive nogle Partikler af Æggehvidestoffen og Blodets Salte med sig. Hvorledes Modervandet efterhaanden bliver mere konsistent i

[1] Bonfilii Mening har altsaa Analogien imod sig.

Amnios selv, skal jeg i Afhandlingen om Nytten søge at forklare, og ligeledes hvorfor dets Vægt i Fosteret formindskes.

Noget mere bestemt om Modervandets Oprindelse troer jeg ikke, at vi for nærværende Tid vide. Maaskee kan en af Fremtidens heldige Opdagelser sætte denne Materie i et klarere Lys. Vi maa kun saa meget som mueligt søge at undgaae Theorier derover, saalænge vi endnu ikke have Data nok til at bygge dem paa. Jeg har i denne Materie især søgt at fatte mig kort, da jeg kun anseer det for lidet nyttigt at opregne og vidtløftigen gjendrive Hypotheser, som faa eller ingen mere antager.

Men nu nok om Modervandets Oprindelse. I vore Undersøgelser derover forlod Erfaringen, denne stedse troe Vejlederinde, os, medens vi, omgivne af et Kaos af Hypotheser, ikke vidste hvorhen vi skulde vende os. Vi ville nu gaae over til at afhandle dets Nytte, hvor vi mindre vildede af Gisninger, kunne overlade os til vore Undersøgelser, uden hvert Øjeblik at afbrydes ved frugtesløse Stridigheder. Dog øjne vi i denne Deel ikke heller overalt Vished. Vi ville derfor tage det først for os, som vi med Sikkerhed kunne bestemme noget om, og slutte med det hvori de fleeste Lærdes Uenighed gjør os tvivlsomme.

Det er ikke allene Fosteret men og Moderen, som har betydelig Nytte af Modervandet, det befordrer og hele Fødselsoperationen. Da man i Almindelighed er eenig om den Nytte, som det i de sidste to Henseender gjør, saa tages den her først.

Moderen har under Svangerskabet, to Arter af Udvidelse, en passiv og en aktiv. I begge spiller Modervandet en vigtig Rolle, det bevirker den første og understøtter den sidste. Saa snart som Ægget, der efter Undfangelsen er kommen i Moderen, er voxet til den Størrelse, at det ikke længere svømmer i de Vædsker, som findes i Moderen, men berører dens Sider, saa voxer det, som bekjendt, sammen med Moderen. Men neppe er dette skeet, førend Moderen begynder at opsvolne, og formindske sin Huulhed. Det var umuligt for Ægget igjen at udvide Moderen, dersom den ikke indeholdt en saadan inkompressibel Flydenhed, som Modervandet, der var istand til at modstaae Moderens Reaktion, og berøre den i mange Punkter. Vandet er nemlig Aarsag i, at Ægget tager mod den samme Form, som Moderens indre Flade har, da det, som Flydenhed, giver efter for ethvert Tryk. Derved bliver det istand til at virke med des større Kraft, da det med des flere Punkter, der kunde ansees som Ende-

punkter af Vægtstænger, kan komme i Berøring med Moderen[1]. Men foruden det, at Modervandet saaledes efterhaanden igjen udvider Moderen, og derved gjør dens Reaktion daglig svagere og svagere, har det endnu den Forretning at understøtte Moderens aktive Udviidelse. Efterhaanden, nemlig, som Moderens Substants udspiles af de tilflydende Vædsker, begynder den selv at udviide sig, endog om Frugten opholder sig et andet Sted end i Moderen. Det er naturligt at Vandet, ved at gjøre Ægget beqvemt til i ethvert Punkt at understøtte Moderen, letter den dette Arbejde.

En endnu vigtigere og mere øjensynlig Nytte gjør det under Fødselen. Naar Veerne begynde og Moderen sammentrækkes, saa foregaaer denne Sammentrækning ligesaavel i det nederste Segment som i Modergrunden. Fosteret vilde derfor snarere klemmes ihjel end udskydes af Moderen, dersom det ikke i sig selv besad en bevægende Kraft[2], hvorved det fornemmeligen dreves mod det nederste Segment og derved tvang dette til at gjøre sig Aabning, hvor det var svagest, og dette Sted er Modermunden, som slet ingen Kraft kan have til at gjøre Modstand. Da nu denne bevægende Kraft vedbliver at virke paa det, saa maae og Modermunden mere og mere udviides, og endeligen udslettes. Den bevægende Kraft som virker alt dette er Fosterets Vægt[3]. Da Modervandet forøger denne, saa indsees allerede deraf, at den gjør vigtig Tjeneste ved Fødselen. Men dette er dog langtfra ikke den vigtigste, den gjør endnu to

[1] Den Sætning som jeg her, efter den i Forløsningsvidenskaben almindeligen vedtagne Theorie, har fremsat, i Følge af hvilken Modervandet ved sin Expantion skulde være Aarsag til Moderens Udviidelse, er neppe overeensstemmende med Naturen; thi Moderen udviides ikke ligemeget overalt, ikke heller meest paa de Steder hvor den er svagest, som dog maatte skee, naar Vandet blot ved sin tiltagende Mængde, og derved forøgede Omfang, havde foraarsaget den. Tillige kan her anmærkes, at det ikke er overeensstemmende med det fuldstændige Begreb om Vægtstangen, hvortil ogsaa hører Ubøjelighed, at Linierne paa Æggets Overflade kunde ansees som Vægtstænger, hvormed de dog kunne synes at have nogen Lighed, deri at deres ene Endepunkt maae hæve sig, naar det andet synker. Denne Lighed er det uden Tvivl som har forledet Levret, Stein og flere berømte Fødselshjelpere, dem jeg har fulgt, til at bruge denne Lignelse. (β)

[2] Det er ikke at befrygte, at Fosteret skulde klemmes ved Moderens Sammentrækning, da dens Kapasitet ved Sammentrækningen forøges, efterdi Moderen derved gaaer over fra den elliptiske til en meer sferisk Figur. (γ)

[3] Denne Sætning maae indskrænkes, da Fosteret ikke i enhver Stilling, som dets Moder har, er perpendikulær til Modermunden, som udfordres til at det skulde virke ved sin Vægt. Jeg er og nu mere tilbøjelig til at troe, at Modermundens Udviidelse skeer formedelst Stimulus, da jeg, ved Hr. Professor Aasheims Forelæsninger, og belærende Samtaler, er bleven overbeviist om, at en Stimulus udviider en kontraktil Sirkel. Her er ikke Stedet at anføre alle hans skarpsindige Grunde, men een, som er hentet af vor Materie staaer nok her paa sit rette Sted, den, nemlig, at dersom Ægget, ved sit blotte Tryk, skulde udviide Modermunden, saa maatte dens Rand drives ud efter, istedet for at den udslettes, lit efter lit forsvinder. (δ)

vigtige Tjenester ved Fødselen. Ved første Øjekast maae man bemærke, at Moderens og de udvendige Fødselsdeeles Aabning er langt mindre end Fosteret. Ikke uden med en Voldsomhed, der baade vilde koste Moder og Foster Livet, vilde Fødselen gaae for sig, dersom ikke Modervandet kom der imellem. Ikke saasnart have Veerne begyndt at sammentrække Moderen, førend Vandet, af den sammentrukne Modergrund, fremskydes, saa at det kommer til at staae i sine Hinder som en udspendt Blære, foran Fosterets Hoved. Som et flydende Legeme, modtager det let ethvert sig frembydende fastere Legems Form. Det indpresser sig derfor lit efter lit i den trange Vej, som Fosteret maae passere, udviider først jevnt og efterhaanden Modermunden, og siden Moderskeden, ligesom Kiilen udviider Spalten. Saaledes baner det en Vej for Fosteret og befrier det for den Fare, det ellers stod i, for at faae Hovedet sammenklemt af de alt for stærkt modstaaende faste Deele, og formindsker de Smærter og den Fare, som dets Moder svæver i, ved at gjøre det Tryk, Fødselsvejene og de omliggende Dele maae lide, mindre voldsomt, hvorved de heller ej saa let disrumperes som ellers. Og naar nu tilsidst Hinderne springe, saa udflyder det, gjør derved Fødselsvejene slibrige og formindsker Æggets Volume, hvorved det forskaffer Fosteret en des lettere Udgang af det Fængsel, hvor det var indsluttet.

Foruden det, at Modervandet saaledes umiddelbart befordrer Fødselen, ved at befugte og forholdsmæssigen at udviide Fødselsvejene, er det og til en middelbar Nytte, ved at lette Fødselshjelperen Arbejdet: Uden dette vilde Moderen slutte sig tæt sammen om Fødselshjelperens Haand, naar han vilde foretage Vendingen, og der vilde ingen Plads være til at vende Fosteret i. Det er derfor en vigtig praktisk Regel at man, i det man sprænger Hinderne søger at holde saameget som muligt af Vandet i Moderen, indtil Vendingen er forrettet. *Mauriceau* fortæller i sine *Observations sur grossesse, & L'accouchement des femmes, obs. XXVI* en mærkelig Historie om et Fruentimmer, som Vandet var løbet fra paa den første Dag af Fødselen, hvor det ikke var muligt at faa Fosteret vendt, skjøndt baade han selv og en Engelænder, *Chamberlen*, forsøgte derpaa. En ikke ringe Tjeneste yder det og Fødselshjelperen derved, at det underretter ham om Fødselens Begyndelse og Perioder, saavelsom og om Fosterets Leje. Man kan af intet Kjændetegn tydeligere see, om Veerne ere tilstede, og om det ikke er falske Veer, end derpaa

om Modervandet skydes ud, udenfor Fosterets Hoved; thi hvergang Modergrunden trækkes sammen, skeer dette, og man kan ikke længere føle Fosterets Hoved. I Begyndelsen af Fødselen, stiller det sig mere Konvex i sine Hinder, end i de to sidste Perioder, og derved kan den øvede Fødselshjelper let see hvorvidt det er med Fødselen. Det sees og let af Vandets flade eller spidse Stilling, om Fødselen er fuldstændig eller om Fødderne byde sig frem. Det øvede Øje kjænder og nogenledes af Vandets Stillinger Fosterets andre Beliggenheder.

Hvad Moderen angaaer, da har hun en heller ikke ubetydelig Nytte af dette Vand. Uden dette vilde Fosterets Bevægelse, i den ømfindtlige Uterus paa det smærteligste hvergang føles af Moderen; men dette noget tætte Medium hindrer det fra at gjøre sine Bevægelser med den Hastighed, at de derved foraarsagede Stød, kunne vorde saa smærtelige. Fosteret vilde og ved sin Tyngde være sin Moder langt mere til Besvær, dersom ikke vor Vædske, ved at omgive det, kom det til at trykke paa Moderen i langt flere Punkter, hvorved Trykket paa ethvert enkelt Punkt mindre føles. Lætteligen kunde og den Pirring og Trykning, som Moderen, naar Vandet var borte, maatte lide, frembringe Veer i Utide, og derved fortidlige Fødselen. Den vigtige Nytte, som Moderen har af denne Vædske under Fødselen, har jeg alt i det foregaaende berørt.

Særdeles vigtig og mangfoldig er den Nytte, som Fosteret har af Modervandet, og det er ikke engang istand til at leve det foruden, hvorom vi overbeviises derved, at det er Fosterets visse Død naar det tidligen udflyder. Skulde herfra gives Undtagelser, da maatte det være fordi der igjen kunde samles lidet paa nye i Ægget. Dersom Fosteret uden dette laae i Moderen, saa vilde det i visse fremstaaende Punkter især trykkes af Moderen, og disse Deele ville derved beskadiges eller vanskabes, da dette Tryk ikke vilde tillade det at voxe frit, saaledes som dets Dannelsesdrivt fordrede det. Nu derimod, da det overalt lider et ligestærkt Tryk, af den det omgivende flydende Materie, faaer det derved en Fasthed, som sætter det istand til at taale det Indtryk, som skeer i hvert enkelt Punkt. I mine Tanker kan derfor Modervandet ansees som et Ligament, der holder alle Fosterets Deele tilsammen, og ved sit Tryk paa det yder samme Tjeneste, som den, Luften gjør det fødte Menneske. Erfaringen lærer, at Mennesket ikke kan udholde paa Steder, hvor Luften er meget tynd, f. Ex. paa høje Bjerge, men at det overvældes

med farlige Tilfælde, som oprinde af for megen Uddunstning, f. Ex. Blodstyrtning, og synes ligesom i alle sine Deele at nærme sig sin Opløsning. Kun en tættere Luft hæver disse Uleiligheder, ved sit overalt forholdsmæssige Tryk. En Vædske der, som Modervandet, har langt større Tæthed end Luften, var det passeligste som kunde træde Fosteret i Luftens Sted, da dets langt blødere og mindre konsistente Deele behøvede et langt større Tryk, for behørigen at holdes sammen, end det fødte Menneskes mere faste. Dog vil jeg hermed ikke paastaae at Modervandets Tæthed skulde være den mindste, Fosteret kunde være tjent med.

Modervandet kan og ansees som et varmt Bad, der ikke allene gjør Hud og Fibrer bløde og udstrækkelige, men og derved befordrer Blodets Omløb. Det hindrer og Fosterets Deele fra at voxe sammen indbyrdes, og med Æggets Hinder, ligesom Hjertepungen voxer sammen med Hjertet selv, naar den egne Vædske, som befugter den, mangler. Og skjøndt man seer undertiden Fosterets Deele, eller to Fostere som ikke havde forskjællige Hinder, sammenvoxne, saa vilde dette dog langt oftere skee, naar ikke denne Flydenhed trængte sig ind mellem alle Fosterets Lemmer, og derved hindrer dem i at komme saa nær sammen, at de kunde groe fast til hinanden.

Uden at være omgivet af Modervandet vilde og Fosteret paa det heftigste fornemme ethvert Stød, eller saadant stærkt Indtryk, som dets Moder leed. Igjennem de faste Deele af Legemet forplantes ethvert Stød hastigere end igjennem et Medium, der besidder en saa ringe Grad af Elastisitet som Modervandet. Herom overbevises vi især ved de Forsøg som *Wünsch* har anstillet, for at vise, at Lydbølgen forplantes langt hastigere og fornemmes langt stærkere, naar det gaaer igjennem et fast elastisk Legeme, end naar det gaaer igjennem Luften[1].

Foruden den vigtige Nytte, som jeg ovenfor har tillagt Modervandet under Fødselen, i Henseende til Fosteret, kan endnu anmærkes, at det befrier Navlesnoren fra den Trykning den, især under Fødselen, ellers maatte lide, hvorved Blodets Sirkulation i samme, og følgeligen og Fosterets, vilde ophæves, og Fosteret derved dræbes; thi det kan ligesaalidet undvære Kommunikation med Moderkagen, som det fødte Menneske med den frie Luft.

[1] Wünsch kosmologische Unterhaltungen 2ter Th.

Spørgsmaalet om Modervandet er nærende eller ej, har deelt Naturgrandskerne i tre Partier, hvoraf det eene paastaaer, at Fosteret nedsluger noget deraf, det andet, at det blot resorberer det gjennem Huden, og det tredie nægter det al Evne til at nære. Alle tre Partier have vigtige Grunde og Auktoriteter for sig; vi ville høre dem. De som paastaae Fosterets Ernæring gjennem Munden anføre, at man har seet Modervand, baade i Fosterets Spiserør og i dets Mave. Men det er dog temmelig usikkert om det er den samme Vædske de have seet. Snarere synes det at være en Uddunstning af Arterier, der har blandet sig med den Sliim, der saa hyppigen beklæder disse Deele. Med dette Beviis staaer det følgende nøje i Forbindelse, at der nemlig findes Exkrementer hos Fosteret, hvilke da forudsætte en Fordøjelse, og noget som fordøjes, og dette meente de Modervandet var. Men hertil kan svares: at i saa Fald, maatte dog Fosteret i den lange Tid det opholder sig i Moderen, undertiden skille sig af med sine Exkrementer, men dertil finde vi intet Spor i Amnios, og man har desuden heller ikke fundet flere Exkrementer end sædvanligt hos et Foster med sammenvoxet Anus[1]. *Temel* fandt og Exkrementer hos det, uden Mund og Svælg fødte Faar[2]. *Regner de Graaf* fandt Mekonium i en hovedløs Hundehvalps tykke Indvolde[3]. Disse Exkrementer kunne umueligt være komne af nedslugt Modervand, vi maae altsaa søge deres Oprindelse andensteds fra. Jeg troer med *Blumenbach* at det er Galden, som det har at takke for sin Oprindelse; thi først naar Galden begynder at afsondres i Fosteret, finder man og Mekonium hos det, og man har intet Mekonium kunnet opdage i Misfostere, som vare fødte uden Lever, følgeligen og ingen Galde havde[4]. Nogle have meent, at Fosteret og, i Tilfælde at Munden var tillukt, kunde tage det til sig gjennem Taarepunkterne[5]. Men paa den Maade kunde dog ikke den Hovedløse faae det? Man har og vildet beviist at det var nødvendigt, at Modervandet maatte befugte Fosterets indvendige Deele, da de ellers maatte voxe sammen, men denne Grund falder bort nu, da vi see at disse Deele andensteds fra kunne blive befugtede. Endnu mindre har den Grund at betyde, at det vilde være tjenligt til at øve Fordøjelsesredskaberne, og holde Spiserøret, Maven o. s. v. udspendt og aaben, hvis noget af Modervandet nedslugtes; thi at

[1] Buffon & Daubanton [ɔ: Daubenton] histoire naturelle. Amst. 1766. T. 11. p. 145.
[2] Indledningen til hans ovenanførte Disputats. [3] R. de Graaf De mulierum organis. p. 289.
[4] Blumenb. l. c. §. 625. [5] Temel l. c. §. 9.

alt er paa det bedste indrettet maae, i Naturvidenskaben, beviises ved en Induktion, ville vi nu beviise noget af denne Sætning, som vi igjen bruge i Induktionen, saa begaae vi en Sirkel i Beviiset. Desuden have vi jo ikke dyb Indsigt nok i Naturen til at bestemme hvad der er det bedste, men vi maae nøjes med at erkjende, at vi finde det vi har Evne til at overskue fuldkomment. Man siger og, at man tit seer Børn fødes med aaben Mund, intet er altsaa rimeligere, end at noget af Modervandet maae trænge derind. Dersom dette skedte altid, saa var det et ikke uvigtigt Beviis for denne Meening; men det forholder sig ikke saa, det er kun undertiden at man seer dette og det som oftest hos døde Børn.

Er det altsaa ikke beviist at Fosterets Mund i Almindelighed er aaben, saa falder og den Grund bort, at det var rimeligt at Mavens og Diafragmas Muskler ved deres Bevægelse og Tryk maatte tvinge noget Modervand til at gaae igjennem Spiserøret ned til Maven. Vigtigere end alle disse Grunde for Næringen gjennem Munden synes den at være, som *Heister* anfører, at han nemlig saae en Kalv som endnu var indsluttet i Moderen, gandske indfrosset i Modervandet, og dette hængte sammen med en Masse, som fantes inden i Kalven selv; dette saae han to Gange[1]. Her maae man vel lægge Mærke til, at Kalven maatte være død inden den saaledes kunde indfryse, og altsaa kunde det vel være muligt, at den, medens den levede kunde have Munden tillukt men ved Døden aabnet den. Desuden er det af Fysiken bekjendt, at Vandet, i det at det fryser, mærkeligen forøger sit Volume, hvorved det naturligviis med langt større Heftighed maatte komme til at trykke paa Kalven, og derved trænge ind i alle dens Aabninger. Men den vigtigste af alle de Grunde man plejer at anføre for Næringen gjennem Munden, synes at være denne: Man har seet Børn fødes uden Navlesnor, da de altsaa ikke have kunnet faae deres Næring umiddelbar fra Moderen, saa maae de have levet af den Næring de igjennem Munden have kunnet tage til sig. Dersom det her anførte Faktum var sandt, saa vilde der just ikke være saa meget mod dette at indvende, men med Grund antager *Blumenbach*[2] Beretningerne derom for fabelagtige. Jeg troer, at om man end ikke havde historisk-kritiske Grunde til at betvivle Rigtigheden af disse Efterretninger, saa overbeviistes man alt noksom om deres Urigtighed af Sagens egen Natur. Naar

[1] Heisteri compend. anat. p. 271. [2] Inst. Physiol. 574.

disse Fortællinger vare sande hvorfor kan da ikke Fosteret engang taale for nogle faa Minuter at berøves sin Forbindelse med Moderen, ved at Navlesnoren sammenpresses under Fødselen, da det efter disse Beretninger kan taale det under en lang Tid af Svangerskabet. I øvrigt seer jeg ikke hvorledes dette Faktum kunde være denne Theori saa fordeelagtigt, da det vilde tvinge den til at antage, at Modervandet indeholdt alle de Bestanddeele som det heele Menneske har, men dette vil ikke stemme overeens med den kemiske Analyse; thi den finder f. Ex. ikke Blodets Jern i samme.

Efter nu saaledes at have gjendreven de Grunde, hvoraf man har villet viise Fosterets Ernærelse gjennem Munden, vil det ikke være vanskeligt ved nogle Bemærkninger endnu ganske at gjendrive den. Det Beviis, man sædvanligen vil tage af Modervædskens Vandagtighed og Ufuldkommenheden af Fosterets Fordøjelsesredskaber imod dets Ernærelse gjennem Munden, forekommer mig ikke at være af synderlig Vægt, da paa den ene Side Vædsken uagtet sin Tyndhed, vel kan være tilstrækkelig for den endnu ufuldkomne Skabning, eftersom den dog indeholder nogle nærende Deele, og paa den anden Side en saa tynd Vædske lætteligen fordøjes af Fosterets svage Fordøjelsesredskaber.

Derimod er den Erfaring, at Fosteret har levet en lang Tid i Moderen, skjøndt Modervandet i forvejen var afløbet, en noget vigtigere Grund, uagtet derpaa vel kunde svares, at man ansaae Modervandet som en Medaarsag til Fosterets Ernærelse, som vel, i det mindste for en Tid, kunde være borte.

Den Indvending, som tages deraf, at Fosterets Mund for det meste er tillukt, og af dets nedbøjede Hoved, holder jeg heller ikke for at være saa vigtig, da man dog har Erfaringer, som synes at tale for det modsatte.

Men nu skal jeg gaae over til nogle Indvendinger, som jeg troer ikke letteligen lade sig gjendrive.

Børn, som ere bragte for tidligen til Verden kunne ligge i adskillige Dage uden at tage mindste Næring til sig, i hvilken Tid de ligge i en bestandig Søvn; naar denne Tid er forløben tage de først Næring til sig. Hvorledes lader dette Fenomen sig forene med Fosterets Ernærelse gjennem Munden i Moderen? Var Fosteret allerede vandt til at ernære sig paa denne Maade, hvorfor kunde det da ikke gjøre det samme udenfor Moderen?

Haller[1] anfører vel, at han og flere have seet Kyllinger og selv fireføddede Dyr at aabne og lukke Munden imedens de endnu vare indsluttede i deres Hinder, men neppe har dette været, uden naar de have opholdt dem noget længere i Modervandet end til den bestemte Fødselstid, og de efter denne, ligesom af Instinkt, aabnede Munden for at tage mod Føde.

Jeg veed heller ikke hvorledes man med denne Mening vil foreene det Faktum, at der ofte fødes levende Børn til Verden uden Hoved eller uden Mund; thi skulde det paa den Maade tjene til Fosterets Ernærelse, saa var det ikke rimeligt at antage, at de kunde leve ganske uden samme. Exempler paa de omtalte Misfostere har jeg allerede ovenfor anført. Ikke meget bedre lader det sig forene med denne Meening, at man kun finder saa faa Exkrementer hos Fosteret, skjøndt det ingen har kunnet afsætte i Amnios; thi det er kun lidet rimeligt, at der af alt det Modervand, som maatte nedsluges under Svangerskabet, ikke skulde frembringes flere Exkrementer end dem, som rummes i Fosteret selv.

Ved de anførte Grunde troer jeg at Hypothesen om Fosterets Ernærelse gjennem Munden noksom er igjendreven. Imidlertid er der endnu et Fænomen tilbage, som synes at fordre dets Antagelse til sin Forklaring, jeg mener det, at Modervandets Mængde aftager i Forhold, som Fosterets Vægt tiltager; men lægge vi det Fænomen, som ledsager det, til, nemlig at dette Vands Konsistense og tiltager, saa see vi let at her fordres noget mere til at forklare det. Jeg vil derfor af andre Grunde søge at forklare dem begge.

Det er en bekjændt Sag, at Luften indaandes af os, ikke allene gjennem Lungen men og igjennem alle Hudens Porer, der igjen udaande en Materie, der ganske ligner Lungens Udaanding. Modervandet forretter, ved sit Tryk, ved at befordre Fosterets frie Bevægelse o. s. v., i saa mange Henseender Luftens Funksion, skulde det ikke og i denne Henseende træde i dette elastiske Fluidums Sted?

Men førend jeg skrider til at vise dette, tillade man mig at fremsætte noget om Indaandingen gjennem Huden. Jeg vil begynde med at fremsætte nogle Forsøg af Hr. *Riegels*. Han lod sig gjøre en Kasse af Glas af en Alens Højde og Brede, i denne satte han Rotter og Frøer, saaledes, at de havde Hovedet i frisk Luft, og derpaa stillede han dem i den heedeste Middagssoel fra Kl. 11 til 2

[1] l. c. p. 201.

om Eftermiddagen. Nu opkom der en stærk Hede inden i Kassen, saa at hans Haand ikke kunde taale den, to Rotter og to Frøer fyldte i et Qvarter Ruderne saaledes med deres Uddampning at de bleve uigjennemsigtige. Rotternes Lungeaandning forøgedes kjændeligen, de gabede og bevægede meget stærkt Næseborene; med Frøerne forholdt det sig ligesaadan. Frøerne gave Vanddraaber fra sig over deres heele Legeme, Rotternes Haar faldt ganske vaade. Efter en halv Times Forløb døde Frøerne. Da de aabnedes vare deres indvendige Hinder tørre og let bristelige, og havde saavel som Lungen tabt al Elastisitet. En anden Gang satte han en Hund og en Rotte, paa samme Maade, i en Kasse, som var fyldt med det meest raadne Rendesteensskarn, saa at den kunde være fuld af mefitiske Dampe, dog levede Dyrene heri i fire Dage[1].

Af de anførte Forsøg er det indlysende: 1) at Indaandningen gjennem Huden er nødvendig til det Dyriske Livs Underholdning, 2) at Hud- eller Fithinden er denne Aandnings Redskab, 3) at Vandet i det sidste Forsøg maae være bleven adskilt i sine Bestanddeele Suurstof og Vandstof, og har afgivet hiint til Blodets Forsyring, dette til blot for nogle Øjeblikke at samles med Blodet, og siden igjen i andre Forbindelser at skille sig derfra. Men, kunde man spørge, var det ikke mueligt at Luften, i det sidste Forsøg, kunde trænge gjennem Træekassens Porer, og derved forsyne Dyret med den nødvendige Luft til Hudindaandningen? Men hertil kan svares, at Luften maatte finde Modstand af Vandet i Kassen, hvilket ikke kunde være istand til at tage mod ret megen Luft, da det snart maatte opfyldes med den kulsure Gas som Dyrene udaandede.

En anden Indvending, som kunde gjøres mod denne Meening af Indaandningens Natur, troer jeg derimod, at burde med mere Opmærksomhed gaae imøde. Man kunde nemlig troe, at den Vandstof, som Vandet, tillige med sin Suurstof, maatte afgive til Blodet, kunde gjøre ligesaa megen Skade, som Surstoffen Nytte; men dette falder bort naar man vil tage i Betragtning, at Indaandningens umiddelbare Nytte ikke bestaaer i at skaffe Blodets Kulstof og Vandstof bort, men deri at det oxyderer dets Jern, som under Blodets Kredsløb, har ladet sig tildeels desoxigenere af den megen Vandstof og Kulstof, hvormed det kom i Berørelse. Ved denne Jernets Oxydation udvikles en Mængde Varmestof, som deels forbinder sig

[1] **Physisk-oeconomisk og medico-chirurgisk Bibliothek. April-Heftet 1795.**

med noget af Blodets Kulstof og Suurstof, til Kulsyregas, deels med noget Vand, til Vanddampe, deels og med noget Kulstof, Vandstof og Suurstof tillige, for at danne Fit. Det er nu let at indsee, at den Vandstofgas, som Blodet faaer af Vandet, igjen kan indgaae i desto større Mængde i Fittet og andre Forbindelser, som vi ikke saa nøje kjende.

Man kunde og indvende at, efter Antiflogistikernes Meening, sammensættes Vandet, under Aandningen, af sine Bestanddeele, Vandstof og Suurstof; det var altsaa ikke rimeligt, at det og skulde dekomponeres af Blodet. Men denne Meening synes mig slet ikke overeensstemmende med Erfaring; thi hvorfor skulde man ellers udaande meest Vand i den tyndeste Luft, saaledes som paa høje Bjerge, hvor der jo dog maae indaandes mindre Suurstof i lige Tid, end hvor der er mere Luft.

Lægger man nu hertil, at man maae antage at Fiskene ved deres Aandning dekomponerer Vandet paa samme Maade, saa haaber jeg herved at have viist Muligheden af at Fosteret kunde drage samme Nytte af Modervandet, som det fødte Menneske i Henseende til Hudindaandningen af den det omgivende Luft. Jeg skal nu, ved flere Grunde, søge at gjøre det rimeligt.

1) Synes det rimeligt, at Fosteret ikke kan nøjes med den Suurstof, som det kan faae af det Blod som kommer fra Moderkagen, der maae træde det i Lungens Sted, da dette Blod modtager sin Suurstof af det som har passeret gjennem en stor Deel af Moderen, og der afsat endeel af sin Suurstof. Det fødte Dyr kan ikke nøjes med den Suurstof, som det med fuld Lunge kan tage af Luften, hvor meget mindre vil da Fosteret kunne nøjes med det lidet, som det saa at sige kun faaer paa anden Haand?

2) Fosterets Overflade er sædvanligviis overtrukken med en fitagtig Skorpe. Dette beviser at Fosteret maae betage Vædsken, som overgiver det, noget af sin vandagtige, saa at den bliver fastere og mere sammenhængende. Nogle have vel villet ansee denne Skorpe, som et Bundfald eller Sediment af Modervandet, men i saa Fald maatte den kun findes paa den eene Side af Fosteret, og ikke saa jevn som den i Almindelighed dog er. Vel synes denne Skorpe at kunne hindre de vandagtige Deele fra at trænge ind igjennem Hudens Porer, men denne Hindring er dog ikke saa betydelig, som den ved første Øjekast kunde forekomme nogen; thi deels er den meget blød, saa at Vandet vistnok ligesaa let kan trænge igjennem

den, som igjennem Hudens Porer, deels opløser Modervandet noget deraf, ja vel heele Stykker falde af deri, saa at der gives Fosteret, og derved, nogen Lejlighed til at tage de vandagtige Deele til sig.

3) Vandets aftagende Vægt kan og meget let heraf forklares, da det er naturligt, at det større Foster maae dekomponere mere Vand end det mindre.

4) Modervandets tiltagende Konsistents kan og heraf forklares; thi da det er paa de vandagtige Deeles Bekostning at Fosteret tiltrækker Suurstoffen, saa maae de nødvendigviis efterhaanden aftage, og Vandet derved vinde i Tykkelse.

5) Vor Vædske opfylder de samme Huulheder i Fosteret, som Luften i det fødte Menneske. Vor fortjente Divisions Kirurg *Herholdt* har fundet, at det baade opfylder Trommehuulheden og Luftrøret[1]. Denne dets Lighed med Luften berettiger os destomere til at tillægge det, ogsaa i det øvrige, samme Forretning.

Man kunde spørge om det var rimeligt, at Fosteret igjen udstødte noget af det Vand, som det igjennem Hudporerne modtog, ligesom det fødte Menneske skiller sig af med noget af den indaandede Luft. Jeg troer det; thi vel mangler Fithinden tildeels den Elastisitet, som den faaer efter Fødselen, men der gives en anden Maade, hvorpaa Vandet kan drives ud igjen, nemlig ved Varmen. I det, nemlig at Surstoffen forbinder sig med Blodet udvikles der Varme, deels fordi dette taber noget af sin Kapasitet for Varmen, deels fordi Vandet der indeholder en Deel Varmestof, dekomponeres, denne friblevne Varmestof forvandler det Vand, som ikke dekomponeredes, i Dampe, forøger derved dets Volume, og tvinger det altsaa til at søge Udgang gjennem de Porer, som det kom ind ad. At disse Dampe tage noget Fit med sig, fra Fosterets Kjærtler, som findes i Fithinden, er meget rimeligt. Naar disse Dampe komme ud paa Fosterets Overflade, saa nødes de til at afgive noget af deres Varmestof til det øvrige Modervand, og saaledes vende tilbage igjen til Draabetilstanden. Da det i Dampene indeholdte Fit, tillige taber noget af sin Varmestof, saa bliver det efter sin Natur tykkere, og vil sætte sig fast paa Barnets Overflade. Heraf altsaa tildeels den fitagtige Skorpe, som overtrækker Fosteret.

Jeg har endnu tilbage at undersøge deres Meening, som holde for at Modervandet, uden at adskilles i sine Bestanddele, resorberes

[1] Physisk-oekonomisk og medico-chirurgisk Bibliothek. Octob. 1797. S. 105. Bekræftet af Hr. Prof. Wiborg [ɔ: Viborg]. S. 175.

af Fosteret. *Levret*[1] anfører en Grund mod Modervandets Resorbsion af Amnios, som jeg troer ligesaavel kan bruges mod den af Fosteret. Naar man nemlig indgnider, paa den sædvanlige Maade, en venerisk Frugtsommelig med Qviksølvet, saa indeholder Modervandet en Deel af dette Metal, naar Fosteret er bleven helbredet, og jo mere man har bibragt Moderen deraf, jo mere er og Vandet svangret dermed. *Rudolf*[2] indvender vel derimod, at den fra den veneriske Sygdom helbrededes Vædsker, endnu i nogen Tid efter Kuren, indeholder Qviksølv; men i saa Fald maatte det dog efterhaanden aftage. Den anden Grund han anfører, at man maatte ansee de Porer, hvorigjennem Modervandet resorberes, som Haarrør hvori kun Vædsken kunde stige, for saa vidt som den var lettere end disse, altsaa ikke de tunge Merkurialpartikler, holder jeg for en Misforstand, thi i disse Haarrør maae jo ikke Vædsken overalt stige, der er jo mange af dem hvori det, efter Tyngdens Love, maae trænge sig ned i, og i disse maatte der da trænge desto mere.

Van den Bosch[3] anfører og nogle Forsøg af *Brugmanns*[4], som skulde bevise, at Modervandet indsuges udekomponeret af Fosteret. Han har nemlig hos adskillige Fostere af Dyr, som han hævede Huden op paa, medens de endnu vare varme, seet at der stod en Vædske i deres lymfatiske Kar, der forsvandt saa snart de døde. Men jeg troer, at man med Grund kan spørge: Var det og virkeligt Modervand han saae? Det han anfører, at en Kanin, i det han udtrak den af Moderen, ingen Livstegn viiste, men da den kom i Modervandet, der ved Kunsten holdtes i sin naturlige Varme, yttrede Livstegn og viste Vædsken i sine lymfatiske Kar tydeligere, kunde rejse sig deraf, at Fosteret ikke var istand til at taale den kolde Atmosfere, da den var vandt til det varmere Modervand. Det var altsaa naturligt, at Livsfunksionerne maatte standses, altsaa og den Kraft forsvinde, som frembragte disse Vædsker og gav dem den behørige Udviidelse ved Varmen. Jeg troer altsaa at disse Forsøg ikke bekræfte hiin Meening, da de ligesaagot paa anden Maade lade sig forklare.

[1] l. c. p. 56.

[2] [ɔ: Rudolph]. De partu sicco. Saavel denne Afhandling, som de af Bosch, Madai og Temel, findes i Sclegels [ɔ: Schlegel] Sylloge operum minorum præstantiorum, ad artem obstetriciam spectantium. [3] l. c. §. 62. [4] [ɔ: Brugmans].

INDHOLD

GRUNDTRÆKKENE
AF
NATURMETAPHYSIKEN
TILDEELS
EFTER EN NYE PLAN.

FORANLEDIGET
VED
HERR OBERHOFMARSCHAL HAUCHS
BEGYNDELSESGRUNDE AF NATURLÆREN.

AF

HANS KRISTIAN ØRSTED,
KANDIDAT I PHARMASIEN.

SÆRSKILT AFTRYK AF PHILOSOPHISK REPERTORIUM.

KJØBENHAVN, 1799.
TRYKT HOS BOAS BRÜNNICH.

NAAR en Samling af Erfaringskundskaber skal kunne gjøre Paastand paa Navn af Videnskab i dette Ords ægte Betydning, saa maae disse Erfaringer sammenkjædes efter visse bestemte almindelige og nødvendige Love, der ikke selv kunne være hentede af Erfaring, men maae være beviiste uden dennes Hjelp (a priori). Forholder det sig ikke saaledes med en ordnet Erfaringssamling, saa tilfredsstiller den ingenlunde Grandskeren, men lader ham staae paa en Grændse, som han ikke er vis paa om det er den yderste, og viser ham Love, som han ikke tør antage for almindelige og nødvendige, fordi han veed at Erfaringen kun kan lære os hvad som er men ikke hvad der nødvendigen maae være. Men saa vigtigt som det er at faae et apriorisk Grundlag for Naturvidenskaberne, saa lidet har man benyttet sig af Philosophernes Bestræbelser i dette Fag. Vel vandt *Kants* Naturmetaphysik stort Bifald, men neppe er der noget af hans Værker, som er bleven mindre læst eller gjennemtænkt, uden Tvivl af den Fordom hos Philosopherne, at den ikke skal være saa meget nødvendig til at forstaae de øvrige Dele af Philosophien, og af den Vane hos Empirikerne bestandigen at gaae tilbage fra Erfaringer til Grundsætninger, ikke fra Grundsætninger fremad til Erfaringer. Det maae heller ikke have bidraget lidet til at man ikke agtede paa Naturmetaphysiken, at de, som kjændte den til Grunde, sjeldent vare beløbne i de empiriske Kundskaber, saa at de ikke vidste at vise al dens Overeensstemmelse med Erfaringen, hvorved den skulde vinde Indgang hos Empirikeren. For at komme til Fuldstændighed i sine Naturkundskaber maae man begynde fra to Extremiteter, fra Erfaringen og fra Forstanden selv. Den førstes Methode er regressiv, den begynder med sammensatte Fakta, og opløser disse indtil den kommer til de meest enkelte; den sidstes er progressiv, og begynder altsaa fra det meest enkelte, og gaaer fremad til det meest sammensatte. Den første maae derfor slutte med Naturlove, som den har abstraheret af Erfaring, den sidste maae begynde med Principer, og gaaer efterhaanden, som den mere og mere uddannes, ogsaa mere og mere i Detaille. Det forstaaer sig, at jeg her taler om Methoden saaledes som den er i den menneskelige Forstands egen Fremgangsmaade, ikke saaledes som den findes i Lærebøgerne, hvor de Naturlove, som ere abstraherede af de følgende Erfaringer, sættes først, fordi de udfordres til at forklare Erfaringerne. Naar Empirikeren i sin Regression til almindelige Naturlove møder Metaphysikeren i sin Pro-

gression, saa vil Videnskaben naae sin Fuldkommenhed, da først seer denne Enden paa sin Progression, og hiin Enden paa sin Regression, som han ellers ikke vilde vide, naar han skulde ende, fordi han altid maatte formode, at der blev et Trin endnu at gaae tilbage. Kemikeren f. Ex. som var gaaet tilbage fra Valgforvandtskabet til det simple Forvandtskab, maatte billigen endnu vente at kunne gaae tilbage fra dette til endnu en anden Kraft hos Materien, som hidindtil havde været ham ubekjendt; noget som han saa meget mere maatte formode, da hiint Udtryk dog ikke siger os noget om Aarsagen til flere forskjellige Materiers Foreening, men kun underretter os om at de forenes. Physikeren, som tillægger Materien en syv, otte Grundbeskaffenheder, maatte vel ogsaa formode, at disse Kræfter, hvortil han har reduceret alle de øvrige, endnu maatte kunne føres tilbage til færre. Uagtet sin Trang til Metaphysikens Hjelp havde Empirikeren imidlertid dog bragt det meget viidt medens Metaphysikeren endnu ikke havde gjort noget Skridt frem. Han maatte gjøre et dristigt Forsøg, for at forskaffe Empirikeren de Fordele af sig, som han kunde fordre, og dette Forsøg have vi *Kants* Skarpsind at takke for. Men hans Undersøgelser ere vanskelige, og det har ikke overalt lykket ham, at forbinde Fattelighed med sin Grundighed, skjønt man ofte træffer dem forenede hos ham i høi Grad. Uden Sammenligning ferre ere de som have søgt at oplyse og forklare hans metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaften end de som have kommenteret hans andre Skrifter, og de fleste af dem have neppe frembragt nogen rigtig ny Tanke i Anledning deraf. Jeg har derfor troet, at et oplysende Udtog af dette Skrift efter en fra *Kants* noget forskjellig Architektonik, ledsaget med nogle nye Meninger, som jeg i denne Anledning er faldet paa, ikke vilde være danske Læsere uvelment, saa meget mere som vi have lidet eller intet over denne Materie i det danske Sprog.

2. Man tager i Almindelighed Ordet Natur i to forskjellige Bemærkelser. Naar man taler om en Tings Natur, saa forbinder man dermed en ganske anden Mening, end naar man taler om Naturen. Ved Naturen forstaaer vi et Indbegreb af alle de Ting, der ere Gjenstande for de udvortes Sandser; det Udtryk en Tings Natur vil sige det første indvortes Princip til alt det, der udfordres til Tingenes Tilværelse. Det er hele Naturen, ikke enhver enkelt Tings Natur, som her skal sysselsætte os.

3. Vi ville ikke her opstille en Samling af saadanne Kundskaber om Naturen, som Erfaringen har lært os, og deraf uddrage Love, som vi formode at skulle gjelde for hele Naturen, uden dog at kunne afgjøre det med Bestemthed, om de ere nødvendige og almeengjeldende eller ei; men tvertimod ville vi søge af Anskuelsens egen Natur at udlede almindelige og strængt nødvendige Naturlove.

4. Intet kan anskues af de udvortes Sandser uden i Tiden og Rummet. Ved at betragte Materien, saaledes kalde vi enhver Gjenstand for de udvortes Sandser, i disse to Former, opstaaer Begrebet om Bevægelse og Hvile, det første ved at betragte den til forskjellige Tider i forandrede Forhold til det øvrige Rum; det sidste ved at betragte den som tilstædeværende en Tid lang i et Rum. Her see vi da en reen Bevægelseslære fremstaae. Men foruden denne Deel maa Naturmetaphysiken endnu indeholde en anden, der skal lære os hvad for Egenskaber man nødvendigviis maae forudsætte hos Materien, naar den skal vorde Gjenstand for udvortes Sandser. Den kunde kaldes reen Materielære.

Enhver af disse Hoveddeele maae nu føres gjennem de reene Forstandsbegrebers fire Klasser (Kategorierne) hvorved da enhver af dem igjen kommer til at bestaae af fire Deele. Hele Naturmetaphysiken maae altsaa inddeles i:

A. Reen Bevægelseslære (Phoronomie)
Den indeholder
a Bevægelsernes Qvantitetslære
b - - Qvalitetslære
c - - Relationslære
d - - Modalitetslære

B. Reen Materielære (Hylologi), som bestaaer af
a Materiens Qvantitetslære
b - - Qvalitetslære
c - - Relationslære
d - - Modalitetslære.

5. Enhver, som kjender *Kants* Naturmetaphysik, seer at denne Inddeling er noget afvigende fra hiin berømte Tænkers, men jeg haaber, at det følgende vil fremvise Grund nok for min Afvigelse; her kan jeg ikke anføre nogen anden, end den jeg alt har fremsat, nemlig Deelingen selv.

Bevægelseslæren.

(Indledning.)

6. Vi betragte Materien her blot som det Bevægelige i Rummet, og tillade os ikke at lægge det ringeste af Erfaringen til dette Begreb; men søge nu a priori at udlede, hvad vi med apodiktisk Vished kunne vide om Bevægelsen. Vi antage her for det første den almindelige Definition, hvorefter Bevægelsen bestaaer deri, at Materien til forskjellige Tider er i forskjellige Dele af Rummet.

7. Det tomme Rum kan ikke falde i vores udvortes Sandser; thi det er selv en Sandseform, den udvortes Sandsnings nødvendige Betingelse, men ingen Gjenstand for udvortes Sandser, ingen Materie, intet Bevægeligt. Kun for saavidt som Rummet indeholder Materien, er det sandseligt. I et saadant Rum kunne vi kun bemærke Forandringer, fordi kun et saadant er sandseligt. Det materielle Rum maae, som Materie, selv være bevægeligt, det hvori et saadant bevæger sig maae atter selv være bevægeligt og saaledes i det uendelige. Saaledes bevæge Menneskene sig paa et Skib, Skibet bevæger sig atter med dem, Jorden bevæger sig med dette o. s. v.

8. Ved det absolute Rum forstaaes egentligen det immaterielle, ubevægelige Rum; men da dette ikke kan vorde Gjenstand for Sandserne, saa forstaaer man almindeligen derved det nærmeste materielle Rum, hvis Bevægelse man ei bemærker, og som man da tænker sig uendeligen udvidet over alle sine Grændser. Vi see heraf, at der altsaa ikke kan bemærkes nogen Bevægelse i det absolute Rum, altsaa ingen absolut Bevægelse, der skulde bestaae i at Materien til forskjellige Tider var i forskjellige Dele af det absolute Rum, altsaa forandrede sit absolute Sted.

9. Den almindelige Definition paa Bevægelse, som vi og i det foregaaende brugte, passer sig egentlig kun paa et Punkts Bevægelse, men ikke altid paa en heel Masses. En Kugle kan dreie sig om sin Axel, og er da i Bevægelse, men man kan ikke sige, at den gaaer fra en Deel af Rummet til en anden eller forandrer sit Sted. Betragte vi derimod, hvad der finder Sted ved enhver Bevægelse, da see vi at det er snart Legemet selv, som forandrer sin Afstand fra andre, snart dets Dele. Det er derfor altid at ansee som Bevægelse, naar Legemet forandrer sit udvortes Forhold til Rummet, dette maae

nu skee enten ved det at det Hele, eller ved det at Deelene forandre deres Beliggenhed. Man kunde maaskee indvende mod denne Definition, at den ikke indsluttede den indvortes Bevægelse; men man lægge Mærke til, at det Bevægede maae betragtes som Eenhed, ikke som et Sammensat. Naar jeg derfor siger, Øllet som gjæres er i Bevægelse, saa betragter jeg enhver særskilt Partikel i Øllet som Eenhed, ikke den hele Ølmasse. Naar derimod Karret, hvori Øllet er, flyttes fra sit Sted eller dreies om, saa kunde man sige Øllet blev bevæget; thi her betragtede man den hele Masse som Eenhed.

10. Man definerer og i Almindelighed Hvile med Fraværelse af Bevægelse, men heller ikke denne Definition er rigtig; thi dersom et Punkt bevægede sig igjennem en Linie AC, A———B———C saa maatte man sige at den i ethvert Punkt af denne Linie var i Hvile, da den i det Øieblik den var i et Punkt ikke forandrede sit Sted, og følgeligen efter denne Definition hvilede; som det dog var urimeligt at antage, eftersom Bevægelsen da kom til at bestaae deri at Legemet hvert Øieblik hvilede. Man maatte altsaa sige, at Punktet bevæger sig i ethvert Punkt af Linien, og ikke opholder sig i et nok saa lidet Tidsmoment i noget Punkt. Men mod denne Paastand kan man føre et strængt Beviis. Man antage, at Punktet istedet for at bevæge sig fra A til C bevægede sig fra A til B, som just staaer paa Midtpunktet af AC, og derpaa tilbage igjen fra B til A, saa hører B til begge Bevægelserne, saavel til AB som til BA, og Legemet er ikke i den mindste Deel af Tiden i B. Det vil nu ikke gjøre nogen Forandring i Bevægelsens Størrelse om Punktet bevæger sig fra A til B og tilbage fra B til A, eller om det bevæger sig lige til C, gaaer det nu fra A til C saa skulle det være i Bevægelse i B, men gaaer det fra A til B og vender tilbage fra B til A, saa er det aabenbar i Hvile i B, naar Hvile var Mangel af Bevægelse, thi to modsatte Bevægelser i et Punkt og i et Øieblik maae ophæve hinanden. Paa denne Maade skulde Legemet være i Bevægelse, naar det gik fra A til C; men derimod i Hvile, naar det gik fra A til B, og derfra tilbage til A, og dog skulde disse Bevægelsers Størrelse være eens, som var urimeligt. Hvis Bevægelsens Størrelse altsaa skal blive den samme, saa maae Legemet ogsaa i Bevægelsen AC antages for hvilende i B, og da man kunde gjøre samme Slutning om ethvert andet Punkt i Linien, maatte man sige, at det hvilede i ethvert Punkt af sin Løbebane, som var modsigende. Man tænke sig derimod, at Punktet

steeg op til[1] AC med en eensformig Bevægelse, men at denne blev forsinket ved Tyngden, saa vilde man uden Tvivl sige, at Punktet var i Hvile i A[2], fordi dets Bevægelse først maatte ophøre førend den modsatte begyndte. Men hvorfor skulde man nu antage, at Punktet her var i Hvile i B, men ikke i forrige Tilfælde? Uden al Tvivl ligger Grunden dertil i at Bevægelsen, naar Linien er vertikal, tænkes som aftagende og siden som tiltagende, følgeligen ophører Bevægelsen i B ikke gandske, men kun til en vis Grad, som er mindre end enhver angivelig Størrelse. Blev nemlig Bevægelsen endnu fortsat ud over B, uden at Tyngden videre virkede paa den, saa vilde dens Bevægelse fortsættes eensformig, men den vilde dog kun med en uendelig ringe Grad af Hastighed lægge et uangiveligt lille Rum tilbage i enhver angivelig Tid, følgeligen ikke forandre sit Sted for nogen mulig Erfaring, eller dens Nærværelse paa Stedet vil blive vedvarende (præsentia perdurabilis), men efterdi Tyngden virker uophørlig paa den, bliver denne vedvarende Nærværelse igjen ophævet. Definitionen paa Hvile maae altsaa blive denne: Hvile er et Legems uforandrede vedvarende Nærværelse paa et givet Sted. Det Prædikat uforandret har jeg selv lagt til, for derved at gaae den Indvending i Møde, at efter denne Definition vilde et Legeme, som dreiede sig om sin Axel, være i Hvile, da det ikke forandrede sit Sted; men ved det Tillægsord uforandret hæves denne Vanskelighed, efterdi en saadan Nærværelse ikke vilde være uforandret.

Bevægelsens Qvantitet.

11. Efter nu at have fastsat Begreberne om Bevægelse og Hvile, bliver det muligt for os at gaae over til de mere særskilte Grene af Bevægelseslæren. Det eneste Begreb som her fremkommer er Hastigheden. Da vi her slet intet Hensyn kunne tage til den Materies Mængde, som sættes i Bevægelse, saa kan man kun maale Bevægelsens Størrelse efter Størrelsen af det Rum, som den gjennemløber i en bestemt Tid. Vi sige om en Materie, at den bevæger sig desto hastigere jo større Rum den gjennemløber i en vis Tid, saa at den som gjennemløber et dobbelt saa stort Rum som en anden, i lige Tid, siges at have dobbelt saa stor Hastighed; den der gjennemløber et tre gange saa stort Rum tre gange saa stor o. s. v. Følgen heraf bliver, at naar Tiden, hvori to Materier gjennemløbe

[1] [ɔ: ad]. [2] [ɔ: B].

hver sit Rum, ere lige store, saa forholde Hastighederne sig som Rummene. Vilde man kalde deres Hastigheder H og h, de gjennemløbne Rum R og r, saa er:

$$H:h = R:r.$$

Naar Rummene derimod er lige store, saa er Hastigheden desto større, jo mindre Tiden er, hvori de gjennemløbes, saa at Hastighederne forholde sig omvendt som Tiderne, naar Rummene ere lige. Kalde vi Tiderne hvori to Materier gjennemløbe et Rum T og t, saa er altsaa: $H : h = t : T$

Sætte vi nu et tredie Legeme, der i en Tid $= T$ gjennemløber et Rum $= r$, dets Hastighed vil vi kalde $\mathfrak{H}$, saa er:

fordi $T = T$ er $\mathfrak{H} : H = r : R$

og fordi $R = R$ er $h : \mathfrak{H} = T : t$

altsaa efter mathematiske Grundsætninger $h : H = \left(\frac{r : R}{T : t}\right)$[1] $= r\,T : R\,t$

$= \frac{r\,T}{T\,t} : \frac{R\,t}{T\,t} = \frac{r}{t} : \frac{R}{T}$. Hastighederne forholde sig til hinanden, som Produkterne, af Rummene ligefrem, og Tiderne omvendt, eller som Rummene divideret med Tiderne. Man kan altsaa bestemme Hastigheden ved at dividere et gjennemløbet Rum med Tiden, hvori det blev gjennemløbet, og Hastigheden er altid $= \frac{R}{T}$. Jo større Rummet bliver, jo større bliver og Hastigheden, naar Tiden bliver uforandret. Hastigheden var altsaa uendelig stor, naar Rummet blev uendelig stort, men Tiden kun endelig; thi Udtrykket $\frac{R}{T}$ (11)[2] maatte blive $= \frac{\infty}{T}$, hvilket i Følge Mathematiken var $= \infty$. Naar Rummet bliver uforandret, saa bliver Hastigheden desto større jo mindre Tiden er; blev Tiden uendelig lille, men Rummet endeligt, saa blev Hastigheden uendelig stor; thi, efter det foregaaende, maatte Udtrykket for dette Tilfælde være $\frac{R}{\frac{1}{\infty}}$, hvilket efter Mathematiken, er ∞. Der gives altsaa to Tilfælde, hvori Hastigheden er uendelig stor; nemlig naar Rummet er uendelig stort, men Tiden endelig, og naar Rummet er endeligt, men Tiden uendelig lille.

---

1 **[Parenthesen betegner, at den øverste Brøk skal multipliceres med den underste].**

2 **[Ø. har aabenbart glemt at indføre § 12].**

13. Der gives ogsaa to Tilfælde, hvori Hastigheden er uendelig lille, nemlig, naar Rummet er uendelig lille og Tiden endelig, og naar Rummet er endeligt, men Tiden uendelig stor. Man indseer dette let af Udtrykkene $\frac{R}{\infty}$ og $\frac{\frac{1}{\infty}}{t}$[1]; thi $\frac{R}{\infty}$ er $= \frac{1}{\infty}$ og $\frac{\frac{1}{\infty}}{t}$ er ligeledes $= \frac{1}{\infty}$.

14. Vi have af det foregaaende seet, hvorledes man maatte tænke sig en uendelig stor eller en uendelig lille Hastighed. De ere Grændserne paa begge Sider, inden hvilke en mulig Række af Hastigheder maatte indsluttes; men disse Grændser ere egentligen kun Indbildningskraftens Fostere; i Erfaringen kunne de umuligen forefalde; thi en uendelig stor Hastighed finder Sted, naar der gjennemløbes et uendeligt stort Rum i en endelig Tid; og et uendeligt Rum er et saadant, hvis Deles paa hinanden følgende (successive) Sammensætning ikke kan fuldbyrdes i nogen endelig Tid. Begrebet om en uendelig Hastighed indeholder altsaa en Modsigelse, da det fordrer, at et Rum, som ikke kan gjennemløbes i en endelig Tid, skal gjennemløbes i en endelig Tid. Det andet Begreb vi gav om en uendelig Hastighed er slet ikke forskjelligt fra dette uden i Udtrykket; thi det fordrede at et endeligt Rum skulde gjennemløbes i en uendelig lille Tid, men med en saadan Hastighed maatte der i en endelig Tid, der er sammensat af uendelig mange uendelig smaa, gjennemløbes et uendelig stort Rum. Det mathematiske Udtryk giver os og et let Beviis for denne Sætning; thi $\frac{R}{\frac{1}{\infty}}$ er $= \frac{R \times \infty}{\frac{1}{\infty} \times \infty} = \frac{\infty}{\text{endelig Tid}}$. En uendelig lille Hastighed kan ikke være andet end Hvile; thi naar der i enhver nok saa stor endelig Tid ikke gjennemløbes noget endeligt Rum, men kun et Rum der er mindre end ethvert som kan angives, saa bliver der ikke nogen Forandring af Sted eller af andre udvortes Forhold, men Legemet vedbliver at være uforandret paa samme Sted altsaa i Hvile (10). Det andet Begreb vi have givet om en uendelig liden Hastighed, at det nemlig skulde være en saadan, hvorved der i en uendelig stor Tid kan gjennemløbes et endeligt Rum, er ligegjældende med det foregaaende; thi naar der i en uendelig Tid skal gjennemløbes et endeligt

[1] [Udtrykkene ere ombyttede].

Rum, saa kan jo intet endeligt Rum, med samme Hastighed, gjennemløbes i en endelig Tid, følgeligen kan der kun i den gjennemløbes et uendeligt lille Rum. Af det mathematiske Udtryk sees og-saa let, at de ere lige store: $\frac{\frac{1}{\infty}}{T} = \frac{\frac{1}{\infty} \times \infty}{T \times \infty} = \frac{\text{endelig Rum}}{\infty}$.

15. *Eschenmayer* har i sit Versuch die Gesetze magnetischer Erscheinungen aus der Naturmetaphysik, mithin a priori, zu entwiklen begaaet en pudserlig Feiltagelse, ved at tage Hastigheden for Produktet af Rummet og Tiden istedet for Qvotienten. Han bringer derved ud, at eftersom det er ligegyldigt, om man sætter Rummet $= \infty$ og Tiden endelig, eller Tiden $= \frac{1}{\infty}$ og Rummet endeligt, saa skulde Produktet af dem, som man kunde sætte $S^{\infty}T$ og $ST^{\div\infty}$, være lige store. Ligesaa let har han ogsaa gjort sig det at bevise $S^{\div\infty}T = ST^{\infty}$. Enhver som blot har gjort Bekjendtskab med Mathematikens Grundlinier seer let hvad for Følger heraf kan uddrages. For dog at lette Arbeidet for dem, som ikke ere vante til at omgaaes med uendelige Størrelser, skal jeg uddrage et Par Følger. $S^{\div\infty}$ er $= \frac{1}{S^{\infty}} = \frac{1}{\infty}$, altsaa $S^{\div\infty}T = \frac{1}{\infty}T = \frac{1}{\infty}$. T^{∞} er $= \infty$, og ST^{∞} er $= S\infty = \infty$. $S^{\div\infty}T = \frac{1}{\infty}$, $ST^{\infty} = \infty$ og $S^{\div\infty}T = ST^{\infty}$, hvoraf ganske mathematisk følger $\frac{1}{\infty} = \infty$. Det uendelig Lille = det uendelig Store! Og fleere saadanne Ting findes i samme Bog, hvoraf visse konseqvente Hoveder nok ville være i Stand til at uddrage den Slutning at Mathematiken var kun unyttig Hjernespind, som leder til lutter Absurditeter..

Bevægelsens Qvalitet.

16. Bevægelsen kan i Henseende til Qvaliteten enten være positiv, negativ, eller limiteret. Begrebet om Limitation er sammensat af Begrebet om Position og Negation. Det bliver altsaa nødvendigt, i det følgende at vise hvorledes det første kan sammensættes af de to sidste.

17. Om den retliniede blot positive eller negative Bevægelse faae vi umiddelbar Kundskab ved Anskuelsen. Det er ikke ved den

empiriske Anskuelse (ved en saadan sandselig Forestilling som er forbunden med Fornemmelse) men ved den rene (ved en saadan som ikke er forbunden med Fornemmelse) man faaer denne Kundskab; hvad der kommer fra den empiriske Anskuelse maae ikke indblandes naar der handles om Videnskab.

18. Man kan ikke gjøre sig Forestilling om en negativ Bevægelse uden ved at forudsætte en positiv. Vi kalde en Bevægelse negativ, naar den skeer i modsat Retning af en anden, som man anseer som positiv.

19. Det er ligegyldigt, enten man forestiller sig en usammensat Bevægelse saaledes, som om Materien bevæger sig og Rummet hvori den foregaaer hviler, eller som om Rummet bevæger sig i modsat Retning og Materien hviler. Denne Sætning antager *Kant* som et Axiom ɔ: en Sats som indlyser af den blotte Anskuelse, men det forekommer mig dog som den meget godt kunde modtage et Beviis af det foregaaende; thi da der er gotgjort at vi ikke kunne kjende nogen Bevægelse i det absolute Rum, saa kan man ikke gjøre sig Begreb om nogen Bevægelse uden ved det at Materien forandrer sit Forhold til det omgivende materielle Rum, og dette skeer ligemeget enten Materien bevæger sig og Rummet hviler, eller Rummet bevæger sig og Materien hviler, ligesom jeg lige fuldt kommer til Enden af min Stue, enten jeg selv gaaer derhen eller Stuen bevæger sig bort under mig, og jeg selv hviler.

20. Det er ikke saa let at forbinde to Bevægelser med hinanden, i et Punkt, som det maaskee ved første Øiekast kunde synes. Vi ere vante til at see, at to modsatte Bevægelser standse eller hæve hinanden, at to Bevægelser i en og samme Retning forøgede hinandens Hastighed, og at to Bevægelser i Direktioner, som danne Vinkler med hinanden, frembringe en Bevægelse i Retningen af Kræfternes Parallelogram. Men med saadanne erfarede Sætninger kunne vi ikke her lade os nøie, hvor det paaligger os af Anskuelsens Natur at udlede almeengyldige Naturlove. Vi maae her fremstille to Bevægelsers Forening i reen Anskuelse, ligesom Mathematikeren gjør ved sine Begreber, det er: vi maae construere Bevægelsernes Forening.

21. Der gives tre Tilfælde, hvori to Bevægelser kunne tænkes forenede i et Punkt, nemlig saaledes, at enten:

A. begge Bevægelsernes Direktion ligge i samme rette Linie, og da ere de

a, hinanden ikke modsatte

b, hinanden modsatte

eller

B. Bevægelsernes Retninger gjøre en Vinkel med hinanden.

I intet af Tilfældene kan man forestille sig Bevægelserne forenet i et Punkt, i et hvilende Rum, men maae forestille sig Punktet selv med den ene Bevægelse, og Rummet med den anden, kun i modsat Retning. Vi ville fremsætte Beviset for ethvert af Tilfældene især.

Første Tilfælde. Naar begge Bevægelserne ligge i samme rette Linie og have samme Direktion. Vi ville betegne Hastighederne med de rette Linier a og b.

a ______ b ______

A______B______C

Vilde man nu sammensætte de to Bevægelser a og b i een ret Linie AC, nemlig AB = a, BC = b, saa at AC blev gjennemløbet i halv saa lang Tid som Bevægelserne a og b tilsammentagne udfordrede, saa var Hastigheden AC vel ligesaa stor som Summen af Hastighederne a og b, (11) men man havde derved ikke fremstillet de to Bevægelsers Forening i den reene Anskuelse ɔ: ikke konstrueret dem; thi hvis dette skulde finde Sted saa maatte AB gjennemløbes i samme Tid som a, og BC i samme Tid som b, men da blev AC gjennemløbet i ligesaa lang, ikke i halv saa lang Tid a og b tilsammentagne. Man forestille sig derimod efter Læresætningens Fordring, at det bevægelige Punkt bevæger sig med Retningen og Hastigheden BC fra B af, og tænke sig tillige Rummet i den modsatte Bevægelse CB, med Hastigheden AB, saa beskriver Punktet ved sin egen Bevægelse BC og Rummet ved sin Bevægelse BA. Paa denne Maade fuldbyrder altsaa Punktet B paa eengang to Bevægelser, som fuldkommen svare til a og b; disse ere altsaa construerede.

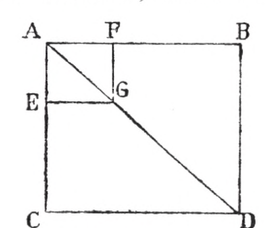
Andet Tilfælde. Naar begge Bevægelserne skee i samme rette Linie men med modsatte Retninger. At tænke to modsatte Bevægelser i samme Rum og ved samme Punkt, er noget som ophæver sig selv. Vi behøve altsaa kun at vise hvorledes et Punkt i to forskjellige Rum kan have to modsatte Bevægelser.

A______B______C

Skulde de to Bevægelser BA og BC forenes i Punktet B, saa

maae dets ene Bevægelse, f. Ex. BC, forestilles, som om den tilhørte Punktet selv og foregik i det absolute Rum, men Rummet maae derimod tænkes at bevæge sig med Hastigheden BA; men i den modsatte Retning, altsaa med Retningen AB. Er Hastigheden BA nu = Hastigheden BC, saa har B slet ikke forandret sin Afstand fra noget Punkt i Rummet; thi ethvert Punkt i Rummet har ved Rummets Bevægelse nærmet sig B ligesaa meget som dette ved sin egen Bevægelse har bortfjernet sig derfra. B har altsaa ikke forandret sit udvortes Forhold i Rummet, har altsaa ikke bevæget sig, men beholdt sit Sted i Rummet, d. e. det har hvilet. Havde Hastigheden BC været større end Hastigheden BA, saa fjernede det sig mere fra Punktet i A, end dette nærmede sig. B maae altsaa i dette Tilfælde virkeligen forandre sit udvortes Forhold i Rummet, d. e. bevæge sig, og det med en Hastighed = BC — BA. Var BA større end BC, saa maatte Hastigheden være = BA — BC. I sidste Tilfælde var Retningen BA, i næst foregaaende BC.

Tredie Tilfælde. Da to Bevægelser, som gjøre en Vinkel med hinanden, skulle forestilles som forenede i et Punkt.



Punktet A kan umueligen tænkes at bevæge sig i samme Rum, med begge Retningerne AB og AC, derimod kunde man vel tænke sig, at den ene Bevægelse frembragte en Forandring i den anden, saa at Punktet A nu gik i en Mellemretning, men dette var ikke at vise, hvorledes et Punkt paa engang kunde have Bevægelse i to Retninger, men kun at see Virkningen af to Kræfter paa et Punkt. Men her skulle vi konstruere Bevægelsen; vi maae altsaa gaae en anden Vei. Man forestille sig nemlig Punktet A at bevæge sig i Retningen AC, Rummet derimod i Retningen BA, den modsatte af AB, saaledes at Vinklen BAC bliver uforandret. Herved kommer da A til paa een Tid at faae Bevægelsen AB, og Bevægelsen AC. Denne af tvende forskiellige Retninger sammensatte Bevægelse giver for al muelig Erfaring kun en eeneste Retning, som er den, efter Diagonalen i det af begge Retninger beskrevne Parallelogram. For at oplyse dette, forestille man sig, at A har bevæget sig fra A til E i Retningen AC, saa maa Rummet i samme Tid have gjennemløbet en forholdsmæssig (proportioneret) Deel af BA, den være FA. Af AE og AF kan tegnes et Parallelogram, hvis andre to Sider maae støde sammen i et Punkt G i AD, som er Diagonalen i ABCD, hvilket mathe-

matisk lader sig bevise. I det Øjeblik, at A kommer i E maae F, ved Rummets Bevægelse, falde i det Punkt, hvor A først var; men G derimod falde i E, som indsees af Parallelogrammets Natur. Punktet A kommer altsaa til at falde i Punktet G, følgeligen i Diagonalen AD. Fra hvilket Punkt i Diagonalen vi endnu vilde drage rette Linier til AC og AB, parallele med den modstaaende Side, vilde vi altid erholde den Følge, at der dannedes Parallelogrammer, hvis paa AC og AB afskaarne Sider vare proportionerede med de Sider, hvoraf de vare skaarne, saa at alt det, som blev viist om Parallelogrammet AEFG, ogsaa maae gjælde her. A kommer altsaa, under Bevægelsen, engang i ethvert Punkt af Diagonalen AD, og naar A kommer i C, saa kommer D ogsaa, A følgeligen selv i D, og har saaledes gjennemløbet hele Diagonalen.

22. Af den her foredragne Læresætning følger altsaa de tre Bevægelseslove:

1. Naar to Bevægelser af een og samme Retning forbindes i eet Punkt, saa er den derved frembragte Hastighed = Summen af de forenede Bevægelsers Hastigheder.
2. Naar to Bevægelser af modsat Retning forbindes i eet Punkt, da frembringes derved en Bevægelse som er = Differentsen af begge Bevægelsernes Hastighed i den stærkestes Retning. Ere begge Hastighederne ligestore, saa bliver den frembragte Bevægelses Hastighed = 0, det er det bevægede Punkt hviler.
3. Naar to Bevægelser, af Retninger som danne Vinkler med hinanden, forbindes i eet Punkt, saa frembringes derved en tredie Bevægelse, hvis Retning er Diagonalen af de tvende Bevægelsers Parallelogram.

Disse Love lide nogen Modification, naar de anvendes paa Legemer, hvilket vi i det følgende skulle faae at see.

23. Vi have nu lært at indsee, hvorledes en Bevægelse kan forøge eller formindske eller forandre en andens Retning. Vi indsaae strax den positive og negative Bevægelses Mulighed, her have vi nu lært, hvorledes en limiteret kan opstaae, nemlig ved det at Retningen forandres. Den sirkulerende Bevægelse, hvorved et Punkt beskriver en i sig selv tilbagegaaende krum Linie, og den omdreiende, hvorved et Legeme blot dreier sig om sin Axel, ere Exempler paa en limiteret Bevægelse. Overalt kan man sige, at enhver Be-

vægelse bliver limiteret, i det den forandrer sin Retning; thi bliver den end ved, saa er det dog egentlig slet ikke den samme Bevægelse, men en nye, som begynder hvergang, der begynder en ny Retning.

Om Bevægelsens Relation.

24. I Henseende til Bevægelsens Relation har vi den Sætning, at til enhver Bevægelse svarer en lige stor gjensidig. Denne Sætning insees let af det foregaaende; thi, naar det er ligegjældende, enten Rummet bevæger sig og Materien hviler, eller denne bevæger sig og hiint hviler, saa følger deraf, at naar Materien bevæger sig i en Retning, saa bevæger Rummet sig i den modsatte Retning, og naar Rummet bevæger sig i en Retning bevæger Punktet sig i den modsatte med samme Hastighed som Rummet. Saaledes nærmer Enden af Stuen, hvori jeg gaaer op og ned, sig ligesaa meget til mig, som jeg nærmer mig til den, og den bortfjerner sig ligesaa meget fra mig, som jeg fra den. Af dette saavel som og af Definitionen paa Bevægelse, indsees at den altid er relativ.

Om Bevægelsens Modalitet.

25. I denne Deel af den reene Bevægelseslære betragte vi Bevægelsen som Gjenstand for Erfaring. Bevægelsen er, saaledes som alt hvad der forestilles ved Sandserne, kun givet som Fornemmelse. Den er et endnu ubestemt Objekt, som Forstanden sætter for en Anskuelse. Dette Objekt maae nu vorde bestemt af Forstanden formedelst et Prædikat, som den tillægger det. Derved vorder nu det Bevægelige selv en Gjenstand for Erfaring; naar nemlig et vist Objekt, her nemlig Materien, vorder bestemmet ved Prædikatet Bevægelse. Men nu er Bevægelsen Forandring af Relationen i Rummet. Der er altsaa her altid to Korelater, hvoraf vi i Fornemmelsen ligesaa got kunne tillægge det ene som det andet Forandringen, og enten det ene eller det andet kan tænkes bevæget, fordi begge Dele er ligegyldigt, eller et af dem maae i Erfaring tænkes som bevæget, med Udelukkelse af det andet eller begge maae nødvendigen forestilles af Fornuften som bevægede. Heraf opkommer tre Begreber, nemlig den af a) Bevægelse i det relative (bevægelige) Rum. b) Bevægelse i det absolute (ubevægelige) Rum. c) Bevægelse i Forhold overhovedet, til Forskjæl fra Bevægelse i og for sig selv eller uden Sammenligning med en anden.

26. En Materies usammensatte Bevægelse i Hensigt til det empiriske Rum er, til Forskjæl fra Rummets Bevægelse i modsat Retning, et blot muligt Prædikat. Den retliniede Bevægelse tænkt uden Relation til en udvortes Materie er umuelig. Thi i Erfaring (en Kundskab som bestemmer Objektet gyldigen for al Fornemmelse) er der ingen Forskjæl imellem Legemets usammensatte Bevægelse i det relative Rum, og Legemets Hvile med det relative Rums Bevægelse i den modsatte Retning. Nu er Forestillingen om en Gjenstand ved et af de to Prædikater, som i Hensigt til Objektet ere ligegjældende, og kun adskille sig i Henseende til Subjektet og dets Forestillingsmaade, ikke Bestemmelsen efter et disjunctivt, men blot et Valg efter et alterativt Omdømme; det er ikke efter en Dom, som antager et af to objektiv modsatte Prædikater med Udelukkelse af det andet, men efter en som af to objektiv eensgjældende men subjektiv modsatte Omdømme, uden det Modsattes Udelukkelse fra Objektet, altsaa ved blot Valg antager en til Objektets Bestemmelse; med andre Ord: Ved Begrebet af Bevægelse, som Gjenstand for Erfaring, er det i sig selv ubestemt, altsaa ligegjældende, om et Legeme forestilles som bevæget i det relative Rum, eller om dette forestilles bevæget i Hensyn til hiint. Nu er det som i Henseende til to hinanden modsatte Prædikater i sig selv er ubestemt, for saavidt blot muligt. Altsaa er en Materies retliniede Bevægelse i det empiriske Rum, til Forskjæl fra Rummets modsatte ligestore Bevægelse, i Erfaringen et blot mueligt Prædikat. Da videre en Relation, altsaa og dens Forandring ikke kan være Gjenstande for Erfaring, uden for saavidt som begge de Ting som tænkes i Forhold til hinanden ere sandselige, saa kan ingen Bevægelse bemærkes i det rene Rum, da dette ikke er sandseligt.

27. I den sammensatte Bevægelse er Materiens Bevægelse til Forskjæl fra Rummets i den modsatte Retning et virkeligt Prædikat; og det materielle Rums Bevægelse i modsat Retning, taget for Legemets Bevægelse, er blot Skin; thi i den sammensatte Bevægelse har Rummet allerede selv en Bevægelse i bestemt Retning, og da det ikke paa engang kan have to forskjellige Retninger, saa kan jeg nu ikke tænke mig Materiens Bevægelse og Rummenes Hvile, eller Rummets Bevægelse i modsat Retning som ligegjældende, hvoraf følger at Materiens Bevægelse maae ansees for virkelig, og at den modsatte Forestillingsmaade kun kan vise sig af et Skin.

28. *I enhver Materiens Bevægelse, hvorved den betragtes bevæget i Forhold til en anden, er en modsat ligesaa stor Bevægelse nødvendig.* Vi have i det foregaaende seet, at enhver Bevægelse er *gjensidig.* Da den i Følge det fremsatte Beviis maae tænkes ved enhver Bevægelse, altsaa ikke kan være borte derfra, saa er den *nødvendig.*

29. Førend jeg slutter denne Bevægelseslære, vil jeg endnu vise, hvorledes Bevægelsen kan inddeeles efter Kategorierne. Jeg haaber derved tilfulde at vise Rigtigheden af den Inddelning jeg har gjort af hele Naturmetaphysiken.

Bevægelsen er

A. I Henseende til Qvantiteten
- a, ensformig
- b, uensformig
  - α, regelmessig
    - aa, aftagende
    - bb, tiltagende
  - β, uregelmessig
    - aa, aftagende
    - bb, tiltagende
    - cc, snart aftagende, snart tiltagende.

I den ensformige Bevægelse gjennemløbes der ligestore Rum i lige Tider. Her er altsaa de gjennemløbne Rums *Eenhed.* I den regelmæssig uensformige gjennemløbes der forskjelligstore Rum i ens Tider, dog bestemmes Størrelsen efter en vis Regel. Her have vi de gjennemløbne Rums *Fleerhed,* i en vis Tid. I den uregelmessige Bevægelse kunne de i en vis Tid gjennemløbne Rum have alle mulige Størrelser. Her see vi Rummenes *Alhed* i en bestemt Tid.

B. I Henseende til Qvaliteten
- a, usammensat
  - α, positiv
  - β, negativ
- b, sammensat (af positiv og negativ)
  - α, med Forandring af det Bevægedes Sted
    - aa, retliniet
    - bb, krumliniet
      - 𝔞, i sig selv tilbageløbende

𝔞𝔞, oscillerende
𝔟𝔟, sirkulerende
𝔟, rumudvidende
cc, blandetliniet
β, uden Forandring af det Bevægedes Sted, omdreiende Bevægelse.
C. I Henseende til Relationen
a, fælles
b, egen
D. I Henseende til Modaliteten
a, virkelig
b, tilsyneladende
c, nødvendig.

Her have vi en fuldstændig Inddeelning af Bevægelsen. Man vil ikke kunne nævne nogen Art af Bevægelse som ikke kunde henføres til en af disse her anførte, skjøndt jeg meget vel indseer at denne Inddeelning kunde have gaaet videre, og at jeg kunde have foretaget flere Underdeelninger.

Materielære.

Om Materiens Qvantitet.

30. Vi have i det foregaaende seet, at det Bevægelige i Rummet kaldes Materie, og i denne Henseende betragtede vi den i hele Bevægelseslæren, men det første Begreb vi gjør os om Materien er dog det at den er Gjenstanden for de udvortes Sandser. Enhver Gjenstand for de udvortes Sandser, maae efter den almindelige Metafysik[1] have extensiv Størrelse, hvilken altid maae være begrændset; thi var det uendelig stort, saa kunde dens Deeles Sammensætning aldrig fuldendes, som dog maatte skee under Sandsningen; var det uendelig lille, d. e. mindre end enhver angivelig Størrelse, saa var det og mindre end ethvert sandseligt Rum, der altid kan angives, følgeligen usandseligt.

31. Da enhver Deel af Materien selv er Materie, og som saadan bevægelig, saa følger deraf, at den ved Bevægelse kan ophøre at være en Deel af samme, det er skilles derfra. Enhver saadan adskilt Deel har atter Deele, kan følgeligen adskilles eller deles. Denne

[1] I Følge Anskuelsens Axiom. Critik d. reinen Vernunft, fjerde Udgave. Side 202.

Deelning kan ikke ophøre førend man kommer til Materie som ingen Deele havde, men da maatte det Rum som indtoges af den heller ikke have Deele, men et Rum uden Deele er umueligt, og dets Deelbarhed ophører aldrig, altsaa heller ikke Materiens. Materien er altsaa deelbar i det Uendelige. Ved at tænke sig Materiens Deelning, fortsat i det Uendelige, kommer man til Forestillingen om uendelig smaa Deele, følgeligen om Materie, som indtager et uendeligt lidet Rum, hvilket synes at stride mod det foregaaende, men denne Strid er kun tilsyneladende; thi Forestillingen om uendelig smaa Deele er blot en Idee, som Fornuften er faldet paa, for at komme til en Grændse, men i en muelig Erfaring kan aldrig noget tilsvarende antræffes.

32. Af dette indsees at Materiens Qvantitet, det er Mængden af det Bevægelige i Rummet, ikke kan bestemmes efter Antallet af Deelene, da disses Antal aldrig lader sig bestemme.

33. Her have vi nu Læren om Materiens Qvantitet fuldstændigen, som følgende Tabel viser.

Materien er i Henseende til

Alheden	Fleerheden
et endelig Heele	sammensat af uendelig mange Deele

Eenhed
uendelig lille Eenhed

Jeg maae her forekomme den Indvending, som man maaskee kunde tage deraf, at Materien skjøndt den har kun en endelig Størrelse dog skal bestaae af uendelig mange Deele. Men denne Indvending falder bort naar man betragter at disse Deele blive uendelig smaae. Men af uendelig smaae Deele maae der og tages en uendelig Mængde for at frembringe en endelig Størrelse, efter den mathematiske Formel $\frac{1}{\infty} \times \infty = 1$. At den Paastand at Delene ere uendelig smaa er rigtig behøver vel neppe noget Beviis. Man behøver for at overbevise sig blot den Bemærkning, i jo flere Dele man deler en Materie af bestemt Omfang, desto mindre bliver enhver af dem, deler man den f. Ex. i 10 Deele, saa er enhver Deel = $\frac{1}{10}$ af den, deeles den i 10000 Deele, saa er enhver af Delene = $\frac{1}{10000}$, deeler man den i ∞ Deele, saa maae enhver af dem altsaa blive = $\frac{1}{\infty}$. Vi have da nu her seet at Materien maae have Udstrækning,

Figur og Deelbarhed. Man kalder Materien, naar den er indsluttet mellem visse Grændser, et Legeme, altsaa maae Materien altid vise sig som Legeme.

Om Materiens Qvalitet.

34. I Læren om Materiens Qvantitet veiledede den almindelige Metaphysik os til at vise Materiens Begrændsning, derved at den allerede havde viist at alle sandselige Gjenstande maa have extensiv Størrelse. I nærværende Undersøgelse om Materiens Qvalitet skal en anden af dens Sætninger lægges til Grund for de følgende. Den fører i *Kants* Kritik Navn af Bemærkningernes Anticipation, og lærer os at i Fenomenerne har det reale, som er en Gjenstand for Fornemmelsen altid intensiv Størrelse, d. e. en Grad. I den extensive Størrelse er altid den ene Deel udenfor den anden, og man erholder Forestillingen om det Hele ved at forestille sig først alle dets Deele. I den intensive Størrelse derimod ere ikke Delene udenfor hinanden, og man faaer først Forestillingen om det Hele, og ved denne Forestillingen om Delene, som i denne Art af Størrelser ikke er andet end Grader, der kunne formindskes indtil det Hele hensvinder til Nul. Det reale i Fenomenerne giver sig altsaa tilkjende for vore Sandser ved en intensiv Størrelse i sin Qvalitet, det er: ved en Kraft. Nu er Materien det reale i de sandselige Gjenstande, da Rummet og Tiden, som intet Indtryk kan gjøre paa Sandserne, ikke kan være det, altsaa maae man tillægge Materien Kraft. Ingen Forandring, altsaa heller ingen Virkning, kan skee i den sandselige Natur uden ved Bevægelse, altsaa kan Materiens Kraft ikke frembringe andet end Bevægelse, følgeligen er den en bevægende Kraft.

35. Materien har altsaa bevægende Kraft. Denne kan kun være af to Slags, den kan enten virke saaledes paa en Materie saa at den nærmer sig, eller saaledes at den fjerner sig. I første Tilfælde kunde man kalde den en tiltrækkende, i sidste en frastødende Kraft. At tænke sig flere Kræfter ved Materien er ikke muligt. Her bliver altsaa nu tilbage at undersøge, hvilken af disse Kræfter Materien er forsynet med eller om den maaskee besidder dem begge tillige. Vi ville derfor først undersøge, hvorledes Materien vilde forholde sig, hvis den kun besad een af disse Kræfter allene.

36. Tillægger man Materien frastødende Kraft, saa maae man og tillægge alle dens Deele den samme Kraft, efterdi enhver af Ma-

teriens Deele selv er Materie. Men en frastødende Kraft hos enhver af Materiens Deele maae gjøre at den udbreder sig i Rummet, den er altsaa en udvidende Kraft.

37. Ved denne Kraft alene er Materie ikke mulig, da den ikke kunde ved den vorde begrendset; thi Kraften kan ikke begrændse sig selv, da den blot bestaaer i en Bestræbelse efter at indtage et større Rum, Rummet kan heller ikke begrændse den, men blot gjøre at Kraften bliver desto mindre i jo større Rum Materien udbredes, men Kraften maatte blive = 0, dersom Materien skulde begrændses ved dens Formindskelse paa denne Maade, men en Kraft = 0 er ingen Kraft, og en Materie, der ingen anden Kraft havde, ingen Materie. Den udvidende Kraft allene kan altsaa ikke give os nogen begrændset, men en uendelig stor Materie.

38. Materie, som allene besad Tiltrækningskraft, vilde ikke være begrændset men uendelig lille; thi formedelst denne Kraft, der, paa samme Grund som den tilbagestødende Kraft, tilkommer alle Materiens Deele, naar den tilkommer Materien selv, maae alle Materiens Deele nærme sig til hinanden, uden Ophør, indtil Rummet ikke mere tillader det, og dette kan ikke skee førend det er saa lidet, at det ikke kan formindskes, det er = 0. At Kraften, ligesaa lidet som den udvidende, kunde begrændse sig selv, er let at indsee.

39. Der er altsaa kun det tredie Tilfælde tilbage, nemlig at tillægge Materien begge Kræfterne tillige. Udvidekraften bliver derved begrændset af Tiltrækningskraften, og Tiltrækningskraften omvendt af Udvidekraften. Udvidekraften hindrer Tiltrækningskraften fra at indskrænke Materiens Omfang til Nul, Tiltrækningskraften hindrer Udvidekraften i at give Materien et uendeligt stort Omfang. De virke tvertimod hinanden, og frembringe Bevægelser i modsatte Retninger, saa at man kan betragte den ene som negativ, naar man betragter den anden som positiv; det positive og negative (Realitet og Negation) forenede, give Limitation.

40. De to Grundkræfter, som vi nu have opdaget ved Materien, udmærke sig deri fra hinanden, at Udvidekraften ikke virker uden i Berørelse, Tiltrækningskraften derimod i Frastand. Berørelse i physisk Forstand er den umiddelbare Virkning og Modvirkning af Uigiennemtrængeligheden. Den sættes imod den mathematiske

Berørelse, som bestaaer deri, at to Legemer have en fælles Grændse. Den mathematiske hører med til den fysiske, men udgjør den ikke allene, der maae komme et virkende Forhold til, og da dette ikke kan skee ved den tiltrækkende, saa maae det skee ved den tilbagestødende, d. e. ved Uigjennemtrængeligheden. Naar derimod en Materie virker paa en anden uden Berørelse, saa kaldes dette Virkning i Frastand. Denne Virkning, som og kan skee uden nogen mellemliggende Materies Hjelp, kaldes den umiddelbare Virkning i Afstand, eller Materiens Virkning gjennem det tomme Rum.

41. Tiltrækningskraften har en saadan Virkning i Frastand; thi denne Kraft udfordres selv til at Materien skal kunne begrændses, og altsaa til den physiske Berørelse. Da den saaledes indeholder Grunden til samme, saa maae den og gaae foran den, og dens Virkning maae ikke være bunden til Berørelsens Betingelser. Men er den uafhængig af Berørelsen, saa er den ogsaa uafhængig af Rummets Opfyldelse mellem det bevægende og det bevægede, d. e. den maae finde Sted uden at Rummet mellem begge er fyldt, altsaa som Virkning gjennem det tomme Rum; thi ved at fordre, at Rummet mellem dem skulde være opfyldt, fordrede man jo tillige, at der skulde finde en Berørelse Sted, som denne Kraft dog skulde virke uafhængig af. Altsaa er den oprindelige og al Materie væsentlige Tiltrækningskraft en umiddelbar Virkning i Afstand og igjennem det tomme Rum.

42. Man har fundet meget Anstød deri, at en Materie skulde kunne virke i Frastand, da man ikke kunde begribe, hvorledes en Ting kunde virke der, hvor den ikke var. Men denne Indvending har intet at betyde. Man kan meget mere sige at Materien ikke kan virke paa det Sted, hvor den er; thi skulde den virke paa samme Sted, hvor den er, saa maatte den Ting hvorpaa den skulde virke slet ikke være uden for samme; thi Udenfor betyder Nærværelse paa et Sted, hvor den anden ikke er. Naar Jorden og Maanen endog berørte hinanden, saa var dog Berøringspunktet et Sted, i hvilket hverken Maanen eller Jorden var; thi begges Steder have en Afstand fra hinanden, saa stor som Summen af deres Halvdiametrer. Berørelsespunktet vilde ikke engang indeholde nogen Deel af Maanen eller Jorden; thi dette Punkt ligger i Grændsen af det af begge opfyldte Rum, som ikke udgjør nogen Deel af det ene eller det andet.

43. Frastødningskraften virker ikke saaledes i Afstand, men den er en Fladekraft, det er en saadan hvorved Materien kun virker umiddelbar i Berørelsens Flade. Men Kraften hvorved en Materie virker paa den andens Deele, ogsaa udover Berøringens Flade umiddelbar er en gjennemtrængende Kraft. Frastødningskraften hos den ene Deel af Materien begrændser den andens Virkningskreds, og den repulsive Kraft kan ikke bevæge nogen fjernet Deel, uden formedelst den mellemliggende, og en igjennem disse gaaende umiddelbar Virkning ved Frastødningskraft er umulig. Derimod en Tiltrækningskraft formedelst hvilken en Materie kan indtage et Rum uden at opfylde det, hvorved den og virker paa andre fjerne, gjennem det tomme Rum, og hvis Virkning ingen mellemliggende Materie sætter Grændser, maae være en gjennemtrængende Kraft. Den oprindelige Tiltrækningskraft maae tænkes saaledes, altsaa er den en gjennemtrængende Kraft, og staaer altid i Forhold til Materiens Qvantitet, da det nødvendigviis maae virke stærkere med jo fleere Punkter det kan virke, men da det ene Punkt ikke kan hindre det andet fra at virke, saa maae den virke des stærkere, jo flere Punkter, altsaa jo mere Materie der er.

44. Denne Kraft strækker sig i det Uendelige, fra den ene Deel af Verdensrummet til den anden; thi sætter man at denne Kraft, som enhver Deel i Materien besidder for umiddelbar at virke i Afstand, ikke udstrakte sig uden til en vis Frastand, saa maatte Aarsagen til at dens Virksomhedssphere saaledes begrændsedes ligge enten i Materien, som indeholdes i denne Sphære eller i Rummets Størrelse, men ingen af Delene kan finde Sted. Det første ikke, fordi denne Kraft er en gjennemtrængende Kraft, og virker umiddelbar i Frastand gjennem ethvert Rum, som om det var tomt. Det andet ikke heller, fordi Tiltrækningskraften er en bevægende Kraft, som har en Grad, under hvilken det er muligt at tænke mindre Grader i det Uendelige, den større Frastand vilde altsaa kun være Aarsag til Kraftens Svækkelse, i Forhold som den maatte udbredes over et større Rum, men aldrig kunde den ganske hæve samme. Da der nu intet er som kan indskrænke Tiltrækningskraftens Virkekreds, saa udstrækker den sig over alle Grændser til enhver anden Materie, altsaa i Verdensrummet i det uendelige.

45. Vi have af det foregaaende seet, at Materien er et Resultat af to modsatte bevægende Kræfters Forening. To modsatte bevægende

Kræfter give os, i Følge Phoronomien, en Bevægelse der er lige stor med Kræfternes Differents. Altsaa maae en Materies Udstrækning være saa stor som dens tvende Grundkræfters Differents. Man vil maaskee indvende herimod, at begge disse Kræfter ere uendelige, og deres Differents altsaa = $\infty \div \infty = 0$, men denne Vanskelighed hæves ved den Bemærkning, at disse Kræfter vel ere uendelige i Henseende til deres Virkekreds, men deraf følger aldeles ikke, at de skulde være uendelige i Henseende til deres Intensitet. De kunne meget vel i denne Henseende være forskjellige, og derved give en endelig stor Differents. — *Eschenmeier*[1] har søgt en anden Udvei, i det han erklærede Udvidekraften for = ∞, og Tiltrækningskraften = $\frac{1}{\infty}$, hvorved disse, efter Mathematikens Læresætninger, maatte multipliserede med hinanden være = en endelig Størrelse. Han anseer altsaa Materien som et Produkt af disse to Grundkræfter. Men deels er denne Maade at betragte Tingen paa saa aabenbar falsk, at man ikke behøver at gjendrive den, og man maae billigen undres over en saa skarpsindig Mand, som han i øvrigt viser sig at være, kunde forfalde til en saadan Forestillingsmaade, deels at man og blot et Øjeblik antog den Forestillingsmaade, at Materien skulde ansees som disse Kræfters Produkt, saa veed jeg ikke hvad der berettiger til at antage Tiltrækningskraften for $\frac{1}{\infty}$, naar man antog Udvidekraften for ∞; man maatte jo da antage den for $\div \infty$, eftersom den anden skulde antages $+ \infty$, men da vilde Produktet af dem være $+ \infty$ multipliseret med $\div \infty = \div \infty \infty$, som var en negativ Størrelse. Materien vilde da efter denne Maade at slutte paa faae en negativ Udvidelse som var modsigende. Alle de Slutninger som han bygger derpaa falde altsaa bort med denne Grundvold, og den Kemi og Magnetismelære, som han har givet os, have altsaa intet Gehalt, skjøndt de vise ham som en skarpsindig Mand, der ved at gaae ud fra det rette Punkt vist vilde have fundet rigtig Vei.

46. Vi kunne ikke vide meget om hvad Forhold disse Kræfter skulle staae i til hinanden, men maae lade os nøie med at vide at disse to Kræfter ere nødvendige Betingelser for Materiens Mulighed. Saa meget er kun vist at Expensivkraften altid maae være større end Attraktionskraften; thi vare de lige store saa vilde de hæve hinanden ganske og deres Differents, altsaa og Materiens Ud-

[1] [ɔ: Eschenmayer].

strækning, være = 0, og var den første mindre saa er det indlysende at Resultatet af dem ligesaa lidet kunde være Udstrækning.

47. Al Materien kan ikke være fuldkommen eens i Henseende til Grundkræfter; thi da var det ikke muligt at bemærke nogen Bevægelse i det materielle Rum, hvor dog al Bevægelse maa skee, efterdi Rummet da maatte være eensartet, saa at man ikke kunde skjælne det ene Punkt i det fra det andet, altsaa kunde man heller ikke bemærke at et Punkt fjernede sig fra et andet eller nærmede sig et andet, d. e. man kunde ingen Bevægelse kjende. Man vilde maaskee indvende mod dette Bevis at Materiens Deele jo kunde udmærke sig fra hinanden ved deres Figur; men hvor vilde man finde en Aarsag til Materiens forskjellige Figur, naar der ingen Forskjellighed kunde finde Sted i Henseende til dens Kræfter? desuden var det umuligt at bemærke Figur, altsaa og Grændser i en fuldkommen eensarted Materie, med mindre man vilde antage tomme Rum, hvilke Philosophien forkaster, som noget der aldrig kan vorde Gjenstand for nogen Erfaring.

48. Vi have her nu i denne Deel af Materielæren beviist a priori den almindelige Attraktion, følgeligen og Tyngden, og Uigjennemtrængeligheden som Materiens nødvendige Beskaffenheder. Man plejer og at henregne Kohæsionen dertil, men neppe er den at ansee for andet end den almindelige Attraktion, modifiseret af tilfældige Omstændigheder. Lægemernes Cohæsion synes vel at rette sig efter ganske andre Love end Attraksionen, hvilket har bragt *Kant* paa den Mening at denne er en afledet Kraft. Men med alle dens Afvigelser kan man dog meget vel antage at det er samme Kraft; thi alle Afvigelserne lade dem forklare af gode Grunde. De to Ting hvori Kohæsionskraften skiller sig i sin Virkning fra Attraksionskraften er det at den ikke synes at virke efter samme Love som denne, og at den heller ikke som denne virker synderlig i Afstand. Hvorledes Kohæsionskraften kan virke efter andre Love end Attraksionskraften har *Murhard* gjort begribeligt, i en Afhandling over denne Gjenstand i *Grens* neue Journal der Physik 4. B. S. 82. Jeg vil endnu lægge dertil at Luftens Tryk modifiserer denne Kraft meget, som man seer deraf, at Legemerne i det tomme Rum, eller rettere sagt i fortyndet Luft, vise denne Kraft i langt ringere Grad end naar de omgives af den tættere Luft. For saavidt som Luften bevirker Kohærentsen, maae den rette sig efter de Overflader hvor-

paa Luften kan komme til at trykke. Ligeledes bliver Kraften for saa vidt den skylder Luften sin Tilværelse blot en Fladekraft. Man maae og ved denne Undersøgelse lægge Mærke til at Attraksionskraften i og for sig selv ikke har saa betydelig en Virkning som man i Almindelighed indbilder sig; thi man erindre sig kun at den største Virkning man kjender af et Bjergs Attraksion, er at det kan trække et perpendikulært Lod lidet udaf sin Retning, en Virkning som en Kraft der var mindre end et halvt Qvintin kunde frembringe, saa vil man let indsee at den Virkning som et af de Legemer hvormed man pleier at anstille Forsøg over denne Materie har maae være overmaade ringe, da disse Legemer ikke udgjøre $\frac{1}{1000000}$ af saadant Bjerg. Saadanne Legemer kunne altsaa ikkun taale en overmaade ringe Afstand fra hinanden naar der skal finde nogen gjensidig Virken Sted mellem dem; thi med Afstandens Voxen aftager Attraksionskraftens Styrke forholdsmæssig. Heraf flyder at to Legemer som tiltrække hinanden maae virke destomere paa hinanden jo mere Flade de have fælles; thi desto flere af deres Deele blive derved bragte hinanden nærmere. Den oprindelige Attraksionskraft selv maae altsaa deels virke i Forhold til Massen (som gjennemtrængende Kraft) deels i Forhold til Fladen. Man seer let af dette at den oprindelige Attraktionskraftes Virkning hos smaa Masser maae være yderst ringe, og naar Berørelsen ophører være, indtil det umærkelige, svag. Dette er just og det som Erfaringen lærer os, da Legemernes Attraksion ved at ophæve Berørelsen, paa meget lidt nær forsvinder, men dog ikke ganske; thi naar man vejer en Metalplade med en meget nøyagtig Balanse nær over Qveksølv, saa veier den lidet mere end den ellers vilde veie. Desuden virker under Berørelsen ofte det kemiske Slægtskab saa at dette og gjør at de hænge stærkere sammen, og det i Forhold til Fladerne hvori de berøre hinanden.

Paa disse Kræfter, som vi her have beviist at være ved Legemerne, grunder og den dem egne Figur sig, hvilken de og ved alle Lejligheder søge at antage, og som i den døde Natur giver os Krystallisation i den levende Dannelse. Naar Legemer ere i deres flydende Tilstand, saa kan de ikke andet end flyde sammen i en Kugle, med mindre andre Kræfter virker derimod; thi naar Deelene ikke gjøre nogen Modstand mod den Kraft som vil forandre deres Stilling saa maae Tiltrækningskraften kunne bringe den i enhver Stil-

ling indtil en Ligevægt mellem dem finder Sted, og dette skeer først naar deres Stilling er saaledes at den heele Masse er kugelrund. For ikke her at indlade mig i mathematiske Grunde, vil jeg blot oplyse dette. Man tænke sig en Punkt i en Vandmasse som tiltrækker alle de andre lige meget i Direktioner, saa indseer enhver at Omkredsen maae overalt staae lige langt borte fra dette Punkt, og dette giver os en Kugle, hvis Natur er at dens Overflade staaer overalt lige langt bort fra et vist Punkt. Naar derimod en udvortes Kraft, som Tyngden virker paa den flydende Materie, saa vil denne forandre dens Figur mere eller mindre. Dersom det flydende Legeme gaaer over til fast Tilstand medens en saadan Kraft har Indflydelse paa det, saa afviger ogsaa det faste derved frembragte fra den runde Figur og det i forskjellig Forhold, efter som dets egen Kohæsion, og de udvortes paavirkende Kræfter, indflyde paa det. Derfor seer man og i Erfaringen at naar Deele af et Fluidum saaledes gaaer over til fast (krystalliseres), da skeer dette ikke midt i Fluidum, men ved Kanterne af det eller paa Bunden, fordi det der er i Berørelse med et andet Legeme som kan yttre Tiltrækning til samme. Man bringer derfor ofte Traad eller Træpinde midt i et Fluidum for at de ved deres Tiltrækning kunne befordre Krystallisationen. Man indvende mig ikke at dette ligesaa let kan forklares af, at de faste omliggende Dele trække Varmestoffen til sig og derved befordrer Overgangen til Fasthed; thi i saa Fald maatte man ikke bruge saa slette Varmeledere dertil som man sædvanligviis gjør. Denne Legemernes Tilbøjelighed til at danne sig i visse Former kunde man kalde Dannelsesdrift, rigtig nok et billedagtigt Udtryk, ligesom det kemiske Slægtskab, men det er ikke altid Naturphilosophiens Sag at afskaffe saadanne, men at lægge en rigtig Betydning i dem. Man har hidindtil kun brugt det Ord Dannelses-Drift om Fænomenet i den organiserte Natur, men jeg troer at Ordet maae udstrækkes til at betegne Fænomenet ogsaa i den uorganiske Deel af samme; thi dets Aarsag er den samme overalt. Det som jeg her har sagt om denne Dannelsesdrift er meget ufuldstændigt, men ved en nøjere Undersøgelse, især ved Mathematikens, Anvendelse paa denne Gjenstand kan den uden Tvivl uddannes til en høj Grad af Fuldkommenhed.

De fleste Legemer ere sammensatte af en stor Mængde Krystaller, som ere ligesom indkilede mellem hinanden, og deraf seer man og

at et Legeme sjelden maae kunne bringes til at hænge nøje sammen naar de først ere revne fra hinanden.

Om Materiens Relation.

50. I denne Deel af Naturens Metaphysik skulle vi betragte Materie bragt i Relation til anden Materie, saavel i deres forskjellige Tilstande som med deres forskjellige Qvantitet og Kræfter. *Kant* har kaldet denne Deel af Videnskaben Mechanik; men dette Udtryk betegner ikke hele Videnskaben, der ogsaa maae indeholde den kemiske Virkning, da denne ikke er andet end en vis Art, af Materiens gjensidige Virkning ved Attraktionskraft. Det var derfor bedre at kalde denne Deel Virkningslæren, i Modsætning af den foregaaende, som kunde kaldes Kraftlæren. *Kant* har ikke betragtet Materiens Virkning paa en anden, naar den er i Hvile, og dette er uden Tvivl Aarsag i at han henregnede den kemiske Virkning til Dynamiken (Kraftlæren), hvor vi dog maae tilstaae, at den ikke hører hjemme. I samme Doktrin har hiin berømte Philosoph og hans Efterfølgere handlet om Elasticitæt, Fluiditet og den mariottiske Lov; som dog alle beroe paa Materiens Vexelvirkning, og altsaa henhøre til Læren om Materiens Relation. Da Bevægelseslæren ikke er andet end Læren om Materiens udvortes Forhold, saa indsees let, at Virkningslæren kommer til at indeholde en anvendt Bevægelseslære, eller rettere bliver ikke andet end denne. Forskjellen imellem Phoronomien og Virkningslæren bestaaer altsaa deri, at i hiin betragtes Materiens blotte udvortes Forhold, uden Hensyn til dens Kræfter, altsaa dens Bevægelse eller Hvile uden Hensyn til dens Virkning; her derimod handle vi om en virksom Bevægelse eller Hvile. Det er denne Deel af Naturmetaphysiken, som nærmest staaer i Forbindelse med den empiriske Physik, og som egentlig maae give den sin Form, hvilket jeg en andengang nøiere skal søge at udvikle. Vi ville nu først opsøge de almindelige Love for al Virken.

51. Første Lov. Materiens Qvantitet (Mængden af det Bevægelige i Rummet) kan hverken formeres eller formindskes. For at bevise dette, forudsætte vi den Sætning af den almindelige Metaphysik, at det substantielle i den sandselige Natur hverken kan formeres eller formindskes[1]. Her maae altsaa kun bevises, at Ma-

[1] Kritik der reinen Vernunft.

terien er det Substantielle. Ved Substants forstaae vi et Subjekt, som ikke er Prædikat ved noget andet Subjekt, altsaa et sidste Subjekt. Materien er et saadant sidste Subjekt; thi i den sandselige Natur gives intet uden Tiden og Rummet og Materien. Det første kan ikke være det, da det er en blot Sandseform, hvorefter vi maae anskue, men ikke selv noget existerende. Altsaa maae Materien, som det Bevægelige i Rummet, være det Substantielle, som hverken kan oprinde af intet eller forvandles til intet; men blot omvexle sine udvortes Beskaffenheder. Paa denne Naturlov grunde vi en saadan Mængde af vores Domme i Empirien, at uden den var ingen Naturvidenskab muelig. Det er kun paa Grund af den, at vi dristigen kunne paastaae, at en Materie har meddeelt en anden noget af sin Masse, naar den har tabt i Qvantitet.

52. Men hvorledes bestemmes Materiens Qvantitet? Ved Mængden af dens Dele kan dette, som vi i det foregaaende have seet, ikke skee. Heller ikke kan den bestemmes efter Størrelsen af det Rum, som Materien indtager, da dette forudsætter, at de Materier, som sammenlignedes, havde lige stor Tæthed, og Maaden blev altsaa ikke almindelig. Da Materiens Qvantitet altsaa hverken kan bestemmes efter dens Deles Antal eller efter dens Volumen, saa bliver kun tilbage at bestemme den ved Bevægelsens Qvantitet.

53. I Phoronomien kunde vi ikke forestille os nogen anden Qvantitæt ved Bevægelsen end Hastigheden, da vi der ikke kunde tillægge det Bevægelige nogen Størrelse. Her derimod, hvor vi kunde tillægge det Bevægelige selv en Qvantitet, maae Forholdet vorde aldeles forandret. Efter Phoronomien er det ligegyldigt, om jeg tillægger et eneste Bevægeligt en vis Grad af Hastighed, eller meddeler mange lige bevægelige mindre Grader af Hastighed, saaledes at de tilsammen vare ligesaa store, som hin Hastighed. Heraf opstaaer først et som det synes phoronomisk Begreb om en Bevægelses Qvantitet, som sammensat af mange Bevægelser uden for hinanden, men dog forenede i et Heelt. Men blive disse Punkte nu forestillede som saadanne, der have ved deres Bevægelse bevægende Kraft, opstaaer der et mekanisk Begreb om Bevægelses Qvantitet. Jo større Materiens Qvantitet altsaa er jo større er og Bevægelses Qvantitet naar Hastighederne ere lige; thi jo større Qvantitet af Materie, jo flere bevægelige Punkter, hvis Bevægelser kunde tælles sammen. Vi ville

kalde Hastighederne H og h, Bevægelsernes Qvantiteter Q og q, Masserne M og m, saa er altsaa:

$$\text{naar H er} = \text{h}, \text{Q} : \text{q} = \text{M} : \text{m}$$
$$\text{og naar M er} = \text{m}, \text{Q} : \text{q} = \text{H} : \text{h}.$$

Sætter man nu en tredie Bevægelse $\mathfrak{Q}$, hvori Hastigheden er = H og Massen = m, saa er

$$\text{Q} : \mathfrak{Q} = \text{M} : \text{m}$$
$$\mathfrak{Q} : \text{q} = \text{H} : \text{h}$$
$$\text{altsaa Q} : \text{q} = \frac{\text{M} : \text{m}}{\text{H} : \text{h}} = \text{MH} : \text{mh}.$$[1]

En Bevægelses Qvantitæt er altsaa = Hastigheden multipliseret med Massen.

54. Af det foregaaende indsees, at en Bevægelse med en uendelig Qvantitet er umuelig; thi til en saadan udfordredes enten en uendelig Hastighed, eller en uendelig Masse, hvilket vi af det foregaaende have seet at være umuligt.

55. I Følge Phoronomien forudsætter enhver Bevægelse en ligesaa stor i modsat Retning. Da vi her have faaet et nyt Begreb om en Bevægelses Størrelse, saa maae dette og anvendes paa denne Sætning. Anvendelsen giver, at naar A bevæger sig mod B, saa maae B's Masse : A's Masse = A's Hastighed : B's Hastighed, eller Masserne forholde sig omvendt som Hastighederne, eller Hastighederne omvendt som Masserne, efterdi Bevægelsernes Størrelser ere lige. Da Tiderne er altid lige i saadanne korresponderende modsatte Bevægelser, saa følger at Hastighederne forholde sig som de gjennemløbne Rum, og altsaa ere disse i omvendt Forhold til Masserne. Nærmer f. Ex. i hosstaaende Figur en Masse A[2], som er tregange saa stor som B's, saa maae B tillige med det relative Rum forestilles at gjennemløbe A ◯———C———○ B et tregange saa stort Rum som A; thi da er B's Masse : A's Masse = A's Hastighed : B's Hastighed.

56. Anden Lov. Intet Legeme forandrer sin Tilstand (gaaer over fra en Bevægelse til en anden eller til Hvile, eller omvendt) uden nogen udvortes Aarsag. Vi forudsætte her af den almindelige Metaphysik som beviist, at enhver Begivenhed har en

[1] [idet M : m multipliceres med H : h] [2] [ɔ: A nærmer sig til B]

Aarsag. Her bliver altsaa kun at gotgjøre at enhver Aarsag til en Materies Bevægelse maae være uden for denne, altsaa en udvortes Aarsag. Materien, som en blot Gjenstand for de udvortes Sandser, har ingen andre Bestemmelser end de udvortes Forholde i Rummet, og lider altsaa ingen Forandring uden ved Bevægelse. Denne maae, som en Bevægelses Omskiftning til en anden eller til Hvile og omvendt, have en Aarsag. Denne Aarsag maae være udvortes; thi Materien har som saadan ingen indvortes Bestemmelser eller Bestemmelsesgrunde. Altsaa maae der gives en udvortes Aarsag til enhver Materiens Forandring.

57. Det er denne Lov som bør kaldes lex inertiæ, og maae vel skilles fra den Lov som siger at der gives en lige Modvirkning mod enhver Virkning; thi denne Lov har man ofte kaldet Inertiens Lov, og saaledes tillagt Legemerne en Kraft til at modstaae et andet som vilde forandre dets Tilstand. En saadan positiv Kraft til at vedligeholde sin Tilstand strider netop mod denne Lov, da den forudsatte en indvortes Kraft til at bestemme sig. I det rigtigt forstaaede Begreb om Inertie ligger Forskjellen mellem Liv og Livløshed. Livet bestaaer nemlig i en Evne til at handle efter et indvortes Princip, altsaa er det just det modsatte af Inertien, som bestaaer i Mangel af denne Evne til at bestemme sig selv. Uden denne Lov var ingen Naturvidenskab muelig. Den modsatte, der tillagde Materien Liv, (Hylozoismen) er al Naturvidenskabs Død.

58. Af Inertiens Lov indsees at enhver Bevægelse som ikke er retliniet maae være sammensat; thi enhver Afvigelse fra den rette Linie er en Forandring af Direktion, som ikke kan fremkomme uden ved en udvortes Aarsag, altsaa ved en ny tilkommende Bevægelse. Vi have Exempler nok paa en saadan sammensat Bevægelse, f. Ex. Stenen i Slyngen.

59. Tredie Lov. I al Bevægelse er Virkning og Modvirkning lige.

A være et Legeme som i sin Bevægelse nærmer sig B, saa maae man antage at B og det relative Rum med samme Qvantitet af Bevægelse bevæger sig mod A, og det af A gjennemløbne Rum : det som B gjennemløber = A's Hastighed : B's Hastighed ɔ: AC : BC = B's Masse : A's Masse.

A C B D

A maae altsaa møde B i C, og da de have lige Qvantitet af Bevægelse, saa hæver den ene den anden, saa at A og B begge komme til at hvile; men derfor hviler det relative Rum endnu ikke, men vedbliver at bevæge sig med Hastigheden og Retningen BC. Men da det relative Rums Bevægelse er ligegjeldende med de nu i C hvilende Legemers, A's og B's ligesaa hastige Bevægelse i modsat Retning, saa vedblive de nu at bevæge sig i det relative Rum; med Retningen BD, og Hastighed = BC. Er nu A's Masse = $^1/_3$ B's, saa er AC = 3 BC (55), og AB = 4 BC. A som før tilbagelagde Vejen AB i det relative Rum kommer nu kun til at tilbagelægge BD = BC = $^1/_4$ AB, saa at dens Bevægelses Qvantitet nu er = 1, istedet for at den før var = 4. B derimod som før hvilede i det relative Rum kommer nu til at bevæge sig med samme Hastighed som A og da dets Masse er 3 Gange saa stor, saa er dens Bevægelses Qvantitet = 3. Da nu A's Bevægelses Qvantitet er = 1, B's = 3, saa har A, hvis Bevægelses Qvantitet før var = 4, tabt ligesaa meget af sin Bevægelse som B har vundet, Virkning og Modvirkning have altsaa været lige. Vi have her i dette Beviis betragtet B som hvilende, men enhver som forstaaer det andet Beviis kan let anvende det ogsaa paa det Tilfælde, naar B er bevæget; thi dersom B i sin Bevægelse nærmer sig A, saa maae man tillægge det relative Rum en saa meget mindre Bevægelse, og dersom det bortfjerner sig, en saa meget større. Her have vi kun egentligen beviist at Stød og Modstød ere lige, men det lader sig med lidt Forandring, paa samme Maade bevise at Træk og Modtræk ere lige, da Træk og Stød kun skille sig fra hinanden ved deres Retning. At Tryk og Modtryk ere lige er og let at indsee; thi Tryk finder ikke Sted uden en Bestræbelse hos det trykkende Legeme til at bevæge sig mod det trykkede, fandt nu ikke et lige Modtryk Sted, saa maatte jo Bevægelsen virkeligen gaae for sig. Foruden denne mekaniske Virkning, hvorved den ene meddeler det andet, noget af sin Bevægelse, gives der og en dynamisk, hvorved et Legeme kan meddeele et andet Bevægelse, ved sine Grundkræfter uden selv at tabe noget af sin. Denne dynamiske Virkning maae og være lige stor med Modvirkningen; thi naar A ved sin Tiltrækningskraft nøder B til at nærme sig, saa er dette det samme som at det modstaaer den Kraft hvorved B vil fjerne sig. Da det nu er det samme enten A fjerner sig fra B eller B fra A, saa modstaaer B i samme Grad A's Fjernelse fra sig, som A modstaaer B's, altsaa bliver og efter dette Træk og Modtræk lige. Ligeledes forholder det

sig med Virkningen ved Expansivkraft; thi naar A støder B tilbage, saa modstaaer det B's Nærmelse, men da nu A nærmer sig ligesaa meget til B som B til A, saa modstaaer følgeligen og B ligesaa meget A's Nærmelse, som A modstaaer B's. Da nu den dynamiske Virkning kun kan skee ved Materiens to Grundkræfter saa følger heraf at ogsaa den dynamiske Virkning er ligesaa stor som Modvirkningen.

60. Af de Naturlove vi her have udviklet følger endnu en for al Naturvidenskab meget vigtig Lov, den nemlig at en Forandring aldrig skeer i et Øjeblik, men kun suksessiv. For at bevise denne Lov maae vi forudskikke et Par andre Sætninger.

61. Den Hastighed som et Legeme meddeler et andet i et Øjeblik, kaldes Akselerationsmomentet. Det Akselerationsmoment som et Legeme engang har erholdt, beholder det saalænge indtil et andet berøver det samme. Dette følger af Inertiens Lov, efter hvilken et Legeme ikke uden nogen udvortes Aarsag kan forandre sin Tilstand. Erholder det nu i næste Øjeblik et ligesaadant Akselerationsmoment saa bevæger det sig med en Hastighed der er sammensat af begge disse, da den forrige Bevægelse vedbliver, og der nu bliver meddeelt den en ligesaa stor til. Erholder det saaledes i en Række af Øjeblikke et nyt Akselerationsmoment i hvert, saa maa den i enhver endelig Tid, som altid bestaaer af uendelig mange Øjeblikke, erholde en uendelig Mængde af Akselerationsmomenter. Enhver af disse maae af denne Aarsag være uendelig Lille; thi vare de endelige, saa meddeeltes derved en uendelig Mængde endelige Hastigheder, hvilke forenede i et Legeme udgjorde en uendelig stor Hastighed som er umulig.

62. Der lader sig ikke tænke noget Legeme, som kunde meddeele et andet et endeligt Akselerationsmoment; thi et saadant vilde i en endelig Tid meddeele det en uendelig Hastighed som er umulig.

63. Af disse Sætninger følger den Lov at ingen Meddeling af Bevægelse, følgeligen og ingen Forandring i Naturen, skeer i et Øjeblik, men altid suksessiv. Denne Lov kaldes lex continui, og kunde kaldes den physiske, til Forskjæl fra den metaphysiske som lærer at alle Forandringer, saavel indvortes som udvortes, maae skee suksessive.

64. Her have vi nu de almindelige Love som maa lægges til Grund i enhver Naturvidenskab. Endnu staaer der tilbage at give en Inddeling a priori af Naturvidenskaben; men denne Inddelings Udvikling og Retfærdiggjørelse vilde gjøre denne Fremstilling alt for vidtløftig. Jeg indskrænker mig derfor til nogle enkelte Bemærkninger over adskillige Gjenstande.

65. Elastisiteten henfører *Kant,* efter mine Tanker ei med Rette, til Dynamiken, da den blot kan erkjendes derved at Legemerne bringes i Relation til hinanden, og saaledes virke. Den kemiske Virkning kan med endnu mindre Grund henføres til Dynamiken, da den ikke kan kjendes uden et Legemes Relation til et andet.

66. *Kant* angiver Udvidekraften som den Kraft hos Legemerne der giver dem deres Elastisitet, eller rettere at Elastisiteten ikke er andet end denne Kraft, men ved nøjere Overveielse seer man at Legemerne og kunne tage den ved udvortes Vold dem berøvede Figur igjen ved Tiltrækningskraften, eller at endog begge Legemets Grundkræfter kunne bidrage noget dertil. Jeg vil give et Exempel paa ethvert af Tilfældene. Naar den sammentrykte Luft driver Stemplet i Kompressionspumpen tilbage, da er det en Elastisitet ved den blotte udvidende Kraft, en spændt Stræng derimod springer tilbage formedelst sin tiltrækkende Kraft; men begge Kræfterne tillige nøde Staalfjederen til at gaae tilbage til den rette Linie hvori den engang var. At dette virkeligen forholder sig saa er let at indsee; thi i første Tilfælde er Luften blevet indknebet i et snevrere Rum end før, og kan altsaa ikke bringes tilbage til sit forrige Rum ved nogen anden Kraft end Udvidekraften, i det andet Tilfælde trækkes Strængen ud fra den rette Linie som er den korteste mellem dens to faste Endepunkter, og kommer saaledes til at indtage et større Rum end før, Tiltrækningskraften maae altsaa føre den tilbage til dens forrige Rum, i tredie Tilfælde udstrækkes den Deel af Staalfiederens Overflade som bliver konvex og sammentrykkes paa den Side som bliver konkav, altsaa maa Tiltrækningskraften paa den konvexe og Udvidekraften paa den konkave Side nøde Deelene til at søge deres forrige Beliggenhed.

67. At angive Aarsagerne til den kemiske Virkning med stræng philosophisk Nøjagtighed, er ikke saa let som det ved første Øjekast kunde synes, nu da vi have Grundlovene for Materiens Virken, men

Sagen har tvertimod ved Udførelsen mange Vanskeligheder. De to Forsøg til at bygge en Kemie paa den kritiske Naturmetaphysik som jeg kjender ere indtil den Grad mislykkede, at de have bragt deres Forfattere i den aabenbareste Modsigelse med dennes første Grunde. Den første som har gjort et Forsøg af denne Art er, saa vidt jeg veed, den før nævnte *Eschenmayer*, som bygger den paa den Theori af Forholdet mellem Materiens Grundkræfter, som vi ovenfor have seet. *Schelling* har i Ideen zur Philosophi der Natur antaget den samme, og udviklet den nøiere. Da hiin Philosophs Theori i sin første Grundvold er falsk, saa er og den Kemi han har grundet derpaa falsk, og staaer i Strid med Dynamikens Grundbegreber. Da *Schelling* søger at udvikle den samme kemiske Theori af andre Grunde, saa vil jeg blot ved et Par Bemærkninger vise Urigtigheden i den. Hans Definition paa Heterogen S. 235 staaer i Modsigelse med Dynamiken, og indeholder Grunden til alt det Følgendes Falskhed. Heterogene Materier ere, efter ham, saadanne hvoraf den enes Grundkræfters Forhold er det omvendte af den andens. Et saadant Forhold kan aldrig gives, hvilket man let indseer naar man fremsætter Sætningen i mathematisk Form. Vi ville kalde Attraksionskræfterne i to Legemer A og a, Repulsivkræfterne R og r, skulde Legemerne nu være heterogene saa maatte følgende Forhold finde Sted: $A : R = r : a$, men dette Forhold er umuligt; thi A kan i samme hverken være større eller mindre end R, eller ligestor med samme. Var $A < R$, saa maatte i Følge Mathematiken $r < a$ ɔ: Attraksionskraften større end Expansivkraften, hvilket er umuligt (46). A kan heller ikke være $> R$, eller $= R$, da dette ligefrem streed mod det som før er beviist (47). Denne Forfatters, hele Kemi staaer og falder med denne Definition, hvorom man blot ved at læse S. 236 og følgende let kan overbevise sig. *Bendavid* har i sine Vorlesungen über die metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaften S. 108 og følgende fremsat en anden Theori af Kemien, som ikke er mere rigtig end den vi nyligen forlode. Han skjælner imellem den kemiske og mekaniske Deeling derved at hiin skulde det deelende Legeme foraarsage ved sin tiltrækkende Kraft, denne ved sin frastødende. Denne Destinksion er grundfalsk; thi efter den vilde det altsaa være en kemisk Deeling naar man ved at dyppe en Finger i Vand skilte en eller flere Draaber, som hængte ved Fingeren, derfra, eller naar man lod noget rives fra hinanden ved Toug, hvilket jo og skeedte ved det delende

Legems Tiltrækningskraft. Maaden hvorpaa et Legeme skulde kunne hæve det andets Sammenhæng ved sin Attraktionskraft forklarer han saaledes: Naar den Kraft hvormed Deelene af et Legeme A hænge sammen er mindre end den hvormed et andet Legeme B tiltrækker det, saa vil Deelene af A et Øjeblik existere uden Sammenhæng, altsaa med den blotte Expansivkraft, som vilde adsprede dem i det Uendelige, dersom B ikke strax yttrede sin Virksomhed paa dem, hvorved det søger at forene dem i sit Midtpunkt, hvilket og vilde skee naar ikke den Expansivkraft hvormed A's Deele ere begavede gjorde at de i Forening med B's opfylde et bestemt Rum med en vis Grad. Hvorledes, kan man billigen spørge ved denne Forklaring, er det mueligt at A's Deele kunne berøves deres Attraksionskraft ved et andet Legemes Attraksion? Snarere kunde B's Attraksionskraft virke paa A som en sammentrykkende Kraft, der var stærk nok til at tilintetgjøre dets Expansivkraft ved at sammentrykke det i det uendelige, men da en saadan Kraft hos B er umuelig, saa følger at man heller ikke paa denne Vej kan komme til at forklare den kemiske Virkning. At levere selv noget fuldstændigt her over denne Materie tør jeg ikke vove, men nogle Bemærkninger derover kan jeg dog ikke undlade at gjøre. Materier kunne uden Tvivl af to Grunde forene sig med hinanden, enten nemlig fordi de ere saa lidet forskjellige fra hinanden at de ved den blotte Rystning kunne bringes til at blande sig, eller og fordi at deres Grundkræfter staae i et saadant Forhold til hinanden at de vexelviis ophæve hinandens Sammenhæng. Dette skeer ikke i et Øjeblik, men lidt efter lidt, saaledes at de Deele som løsrives atter deles i nye, og saaledes i det uendelige. Dette kunde man kalde en kemisk Gjennemtrængelse, da derved ikke bliver nogen Deel af den ene af Materierne som ikke tillige er forenet med noget af den anden, og begge Materierne opfylde et og samme Rum. Herved foregaaer der en Deeling i det uendelige, som synes at modsige det her før er beviist, men man maae betænke at Deelingen her skeer i en Række af smaa Tidsdeele, at en uendelig Mængde Deele virke paa en Gang, og at Berøringspunkterne bestandigen under Operationen formeres, hvorfor denne kemiske Bevægelse vorder akselereret. Naar et Legeme ved Tiltrækningskraften ophæver et andets Bestanddele, uden at dette frembringer den samme Modvirkning, saa fremkommer deraf blot en Adhæsion. Ved Udarbejdelsen af en fuldstændig Theorie over vores Gjenstand vilde det maaskee have sin Nytte at lægge Mærke

til, at uensartede Legemer kunne staae i tre Slags qvalitativt Forhold til hinanden, ved nemlig enten at have lige tiltrækkende, men forskjellig store udvidende Kræfter, eller lige udvidende, men ulige tiltrækkende Kræfter, eller endeligen ved ikke at have nogen af dem lige.

68. Om Flydenhed har man lige indtil *Kants* Tid ikke havt det rette Begreb, da man satte Forskjellen mellem dem i den forskjellige Grad af Kraft, hvormed deres Deele hængte sammen. Et Legeme skulde altsaa kaldes flydende, naar dets Deele hængte sammen med en ringe Kraft, og faste naar en større Sammenhængskraft fandt Sted. Ei at tale om, at her ingen skarpt trukken Grændse mellem Fasthed og Flydenhed bestemtes, da man ikke havde afgjort, hvor stor Sammenhængskraften skulde være for at Legemet kunde kaldes fast eller flydende. Desuden var dette Skjelnemærke ikke engang rigtigt; thi adskillige flydende Legemer hænge sammen med en ikke ubetydelig Kraft, f. Ex. Qviksølvet. Efter *Morveaus* Forsøg hænger en rund Guldplade af een Tommes Diameter saa fast sammen med Qviksølvet, at der behøves en Kraft af 446 Gran for at rive dem fra hinanden. Dersom nu ikke en Qviksølvkolonne af en Tommes Diameter hængte sammen med en i det mindste ligesaa stor Kraft, saa maatte det jo under Forsøget være revet fra hinanden. Men uagtet vi nu ikke kunne billige denne Maade, at skjælne mellem flydende og faste Legemer, saa ligger der dog noget rigtigt til Grund for den, nemlig at flydende Legemer meget let lade sig drage fra hinanden, men hertil kan Sammenhængens Svaghed, som vi have seet, ikke være Aarsagen, den maae altsaa søges anden Steds. Denne Aarsag finde vi deri, at de flydende Legemer saa let lade dem udtrække, saa at de af enhver nok saa ringe Kraft lade dem trække ud til en tynd Traad, som da uden Vanskelighed sønderrives. Denne Udtrækkelighed er intet andet, end den Beskaffenhed, at Legemets Deele lade sig let skyde frem og tilbage imellem hinanden. Denne Lethed i at lade deres Deele skyde frem og tilbage imellem hinanden besidde de flydende Legemer i saa høi Grad at enhver nok saa liden Kraft kan forandre deres Beliggenhed, og heri have vi det rette Kjendemærke paa Flydenhed. Mange Phoenomener forklares med største Lethed efter denne Definition; f. Ex. det at en Syenaal, som forsigtigen lægges oven paa Vand, ikke synker til Bunds, men bliver liggende paa dets Overflade, hvor det gjør en liden Dal. Naar det

derimod først er kommet ned under Vandets Overflade, synker det indtil det har naaet Bunden. Forklaringen er let. Naar nemlig Syenaalen skal gaae fra Vandets Overflade ned under samme, da maae den først hæve dennes Deeles Sammenhæng, hvortil udfordres en vis Kraft, naar den derimod engang har gjort dette, saa har den intet andet at gjøre end skyde Vandpartiklerne tilside, hvortil enhver Kraft er stor nok. At denne Forklaringsmaade ikke passer til den gamle Definition er let at indsee. Med hvilken Lethed vor Definition kan anvendes i Hydrostatiken og Hydrauliken er noget som indlyser ved mindste Eftertanke.

69. Paa samme Maade, som Flydenhed, kan ogsaa Haardhed, Blødhed, Seighed og Skjørhed bestemmes efter Legemernes Forhold, naar deres Deles Beliggenhed af en udvortes Kraft forandres. Et Legeme er nemlig haardt, naar der udfordres en stor Kraft til at frembringe denne Forandring, blødt naar der kun udfordres en ringe. Skjøre ere de Legemer hvis Dele ikke kunne forandre deres Beliggenhed, uden at deres Sammenhæng derved tillige ophæves. De seige have den modsatte Egenskab.

70. Jeg havde her ønsket at udbrede mig over en Deel andre physiske Gjenstande, for at vise Metaphysikens Gavnlighed for den empiriske Naturkundskab, men jeg frygter for allerede at have været alt for vidløftig, i at fremstille en Deel af Philosophien, som endnu ikke tør gjøre Regning paa ret mange Dyrkere. Et andet Sted har jeg lovet her at tale noget om Varmens Aarsags Materialitet. Denne Materie tør jeg da ikke ganske forbigaae; men jeg skal dog fatte det jeg har derom at sige saa kort som muligt. Varmeaarsagens udmærkende Egenskab er den, at den udvider alle Legemer, man kunde altsaa letteligen fristes til at holde den for den blotte Expansivkraft, men naar man lægger Mærke til den Egenskab ved samme, at den kan gaae over fra et Legeme til et andet, saa indseer man let, at det ikke kan være denne Materiens Grundkraft; thi at sige, at en Materie meddeelte en anden noget af en af sine Grundkræfter var det samme som at sige, at nogen Materie ophørte at være Materie, for at gjøre en anden større. At dette er umuligt indsees let af Substantialitetsloven (51). At antage Varmens Aarsag for en afledet Kraft gik vel bedre an, men man vilde dog omsider komme til samme Vanskeligheder, naar man skulde viise, hvorledes denne Kraft var grundet i de oprindelige. Endnu har ingen vovet noget

Forsøg paa at anvise denne Kraft, som skulde foraarsage Varmen, Plads i Metaphysiken.

Materien i Henseende til Modaliteten.

Ligesom Læren om Materien i Henseende til dens Relation ikke var meget andet end Anvendelsen af Bevægelseslæren paa den med Kræfter forsynede Materie, saa bliver og denne Deel af Materielæren, som vi her ville behandle, ikke andet end Læren om Bevægelsens Modalitet, anvendt paa Materielæren. Denne Anvendelse er meget let. Ved at anvende denne Sætning, at kun en retliniet Bevægelse kan være usammensat (58) paa den første og anden Sætning af Læren om Bevægelsens Modalitet (26, 27) indsees at det aldrig kan være uden den retliniede Bevægelse, som kan ansees som ligegjældende med Rummets Bevægelse i modsat Retning, og at altsaa et Legems Bevægelse, naar den er retliniet og tillige ikke frembragt af mere end een Kraft kan, til Forskjæl fra Rummets i modsat Retning, ansees som et blot muligt Prædikat, og derimod vide vi alletider om et Legemes Bevægelse, naar den ikke er retliniet, at den til Forskjel fra Rummets Bevægelse i modsat Retning, er et virkeligt Prædikat. Heraf indsees, at det ikke er ligegyldigt, enten man antager, at Solen staaer stille og Jorden gaaer omkring den, eller omvendt, at Jorden hviler og Solen gaaer om den; thi denne Bevægelse er krumliniet, altsaa sammensat, (hvilket vi desuden og vide af andre Grunde) saa at Legemets Bevægelse (her Jordens) er et virkeligt Prædikat, eller forskjellig fra Rummets Bevægelse i modsat Retning. Den tredie Sætning i hiin Deel af vor Videnskab (28) kan her udvides med den Sætning, at til enhver Bevægelse hører en modsat hos Rummet med lige Qvantitet.

Om det atomistiske System.

72. Her have vi nu seet de vigtigste Sætninger af Naturens Metaphysik, efter den kritiske Philosophi. Vi ville nu tage det modsatte System for os, for at see med hvilke Grunde dette forsvarer sig. Vores System kaldes det dynamiske, fordi det antager, at Legemerne opfylde Rummet med en Kraft. Det modsatte kaldes det atomistiske; af Grunde som ved dets Fremstillelse letteligen falde i Øinene. Det atomistiske System udmærker sig deri fra vores, at det ikke antager Legemernes Deelbarhed i det Uendelige, men lærer derimod at de ere sammensatte af en Mængde smaa Partikler, som

kaldes Atomer. Disse Atomer udmærke dem kun fra hinanden ved deres forskjellige Figurer, men ikke ved nogen Ulighed i Kræfter eller Grad af Kræfter. Deres Hovedegenskab er, at de ikke kunne sammentrækkes. En tiltrækkende Kraft have ogsaa disse Atomer, hvorved de frembringe det Phoenomen, som vi kalde Sammenhæng. Imellem Atomerne gives der altid tomme Rum, hvilke naturligviis ere forskjellige, efter Atomernes Forskjellighed, og paa deres Forskjellighed grunde Legemernes Uligheder sig. Foruden ved sin Lære om Deelbarheden udmærker det atomiske System sig ogsaa derved, at det antager Grundpartiklerne, eller Atomerne, for aldeles usammentrykkelige, og Legemerne, hvilke ere sammensatte af disse kun forsaavidt sammentrykkelige, som de indeholde tomme Rum. Det dynamiske System tillægger alle Legemer en Grundkraft, hvorved de opfylde Rummet, men denne har en Grad, hvorover man kan finde en større, der forsaavidt kan overvinde dem, at den indskrænkes i et snævrere Rum. Uigjennemtrængeligheden er saaledes efter hiint System uovervindelig, efter dette ikke.

73. Det atomistiske System har deri en Fordeel for det dynamiske, at dets Forklaringer, overalt hvor det kan forklare, ere lettere, da de alle grunde sig paa Forskjællighed i Figur og Udstrækning, og derved tillade mathematisk Forklaringsmaade, da det dynamiske ikke lettelig tillader en saadan Konstrueren medens det endnu kommer an paa Grundkræfterne. Men derimod har vort System den Fordeel, at det forklarer Phænomenerne, hvor hiint ikke længere strækker til. Saaledes kan man umuligen forklare Elasticiteten fuldkommen af det atomiske System. Vel kan man ret got forklare den Art af Elasticitet, som grunder sig paa Tiltrækningskraften, deraf, da det antager en saadan Kraft; men den Art af Elasticitet, som blot grunder sig paa en Sammentrykning og Udvidelse, kan det slet ikke forklare; thi i de tomme Rum kan den paa Sammentrykningen følgende Udvidelse ikke have sin Grund, og ligesaa lidet i de smaa usammentrykkelige Partikler, der slet ingen Kraft have, uden til at tiltrække og modstaae. Man har forsøgt at forklare det af en mellemkommende fiin elastisk Materie; men hvorfra har da denne sin Elasticitet? Ja det atomiske System forklarer ikke engang, hvorfor Legemerne opfylde Rummet, det antager blot at det forholder sig saa.

74. Mange troe maaskee, at den atomistiske Lærebygning deri skulde have et Fortrin for den dynamiske, at den lader sig beviise

af Erfaring; men denne Fordeel er kun indbildt. Vel behandler man altid denne Lærebygning som en Samling af Erfaringssandheder; men ved nøiere Eftertanke indsees det let, at denne Fremgangsmaade er urigtig. Hverken Atomerne eller de tomme Rum, som egentligen udfordres til at konstituere Legemerne, ere af den Beskaffenhed, at de kunne fremstilles for Sandserne. Vel siger man, at graat Papiir, som indtrækker Vand, eller Skind, hvorigjennem Qviksølv sies, ere Beviiser paa Porositet; men disse Porer, som saaledes viise sig for Sandserne, ere af en ganske anden Art, end de, som høre til at konstituere ethvert Legeme. Umiddelbart kan det altsaa vel ikke bevises af Erfaring, at der gives Atomer og tomme Rum, de maae altsaa middelbart beviises deraf. Ved disse middelbare Beviiser maa man slutte fra Følgen til Aarsagen, hvilket strider mod bekjendte logiske Regler, med mindre man kan gotgjøre, at der kun kan gives een Aarsag til denne Virkning. Vil altsaa Atomistikeren slutte fra en kemisk Opløsning til Porer i et eller begge de virkende Legemer, saa er han tillige forbunden til at beviise, at der ikke kan gives nogen anden Aarsag til dette Phænomen; men dette har ingen endnu begyndt paa. Desuden strider den Almindelighed og Nødvendighed, hvormed man tillægger Legemerne Atomer og tomme Rum, mod den Sætning, at de skulde være øste af Erfaring. Skal altsaa ikke Atomisternes hele Lærebygning blot have et hypothetisk Værd, saa maae de søge Beviiser andensteds fra.

75. Det eneste Forsøg man har gjort paa at beviise det atomiske System a priori, er det bekjendte Beviis for Legemernes Uigjennemtrængelighed. Man troede nemlig, at det streed mod Modsigelsens Grundsætning, at sige at et Legeme paa en Tid kunde være i samme Rum, som et andet. Uden Tvivl vilde man aldrig have tænkt paa dette Beviis, naar man ikke havde udtrykt denne Grundsætning saaledes: En Ting kan ikke paa en Tid være og ikke være; thi man udtrykke det samme med andre Ord: En Ting kan ikke have modsigende Prædikater, saa indseer man ikke, hvorledes man deraf skulde føre dette Beviis, da det ikke indeholder nogen Modsigelse at to Legemer indtage et og samme Rum, med mindre man forudsætter den Uigjennemtrængelighed man vil beviise.

76. Det atomistiske System vakler altsaa i sine Grundvolde. Dets Hovedsætninger: at der gives Atomer og tomme Rum, ere ubeviiste, og følgeligen kun Hypotheser, som man er berettiget til at

forkaste, naar de ikke tilfulde forklare Phoenomenerne, eller naar man kan forklare dem af andre, men beviiste, Sætninger. Med Grundvolden falder den heele Bygning, som manges Skarpsind hjalp at opreise, men ikke kunde give mere end en svag Sammenhæng.

77. Vort System har endnu det Fortrin for det modsatte at det fremstiller Naturlove som grundede i den menneskelige Kjendeævne, saa at vi forud kunne vide at der ingen Undtagelse fra disse kan gives, da vi, for at forestille os at noget skeete efter Naturlove som streed mod de vi saaledes have beviist, maatte forandre vor Kjendeævne, det er, vorde andre Væsener. Saaledes kan det Spørgsmaal om der kunde gives Legemer som have negativ Tyngde med største Lethed besvares efter vort System. Vi have nemlig beviist at Legemernes attraktive Grundkraft virker i Forhold til Masserne, og er altsaa ei forskjellig fra Tyngden, og da der nu ikke kan gives noget Legeme uden denne Kraft, saa er Spørgsmaalet besvaret nægtende. Denne Fordeel har ikke det atomistiske System; thi uagtet det antager Sætninger som ikke kunne bevises af Erfaring, saa er dog intet vissere end at man dog behjelper sig med Erfaringsbeviis. Dette har den skadelige Følge at man ikke er istand til at gjendrive nogen som paastaaer at have bemærket en Begivenhed, hvis Forklaring fordrede Antagelsen af en Naturlov, som strider imod de hidtil antagne. Man saae et Exempel herpaa, da *Gren* troede at burde antage en negativ Tyngde ved Phlogiston; hvormegen forgjæves Umage gjorde man sig ikke da for at gjendrive ham.

78. Jeg har nu fremstillet begge de Systemer i Naturphilosophien, som endnu stride om Rangen, det ene ved sin Ælde, det andet ved den Styrke, som den kritiske Philosophies Udbredelse giver det. Deres Striid er som den *Lavoisiers* Theorie førte mod *Stahls*, den vil og vist endes som den, ved at den nyere Lære undertrykker den ældre. Der behøves blot nogle flere saa heldige Forsøg, til at forene det dynamiske System med den hele Naturlære, som det, den alt for tidlig bortdøde *Gren* har gjort, for at gjøre det til alle indsigtsfulde Naturgrandskeres System. Saaledes som det nu er, er det maaskee ikke indlysende nok for dem, som ikke have studeret den kritiske Philosophi. Jeg har gjort mig Umage for at gjøre denne Fremstilling saa fattelig, at den kunde forstaaes af enhver, som havde nogen Kundskab i Physik og Mathematik; men jeg frygter meget, at jeg ikke overalt har opnaaet dette Øjemed. Især

mangler maaskee Materielæren den Fattelighed, som jeg ønskede at give den. Havde jeg, saaledes som *Kant* har gjort, lagt visse Erfaringsbegreb til Grund, saa vilde det vist nok have været lettere for mig at opnaae denne Hensigt, men jeg vilde derved have opofret noget væsentligere.

Ved nemlig at lægge Erfaringsbegreb til Grund, og deraf at udlede Naturlovene, giver man de beviiste Naturlove kun en hypothetisk Gyldighed, men ikke den strenge Almindelighed, som de bør have. Efter den kritiske Philosophi, bør alle Naturlove udledes af vor Kjendeevnes Natur, hvilken *Kant* saa fortræffeligen har udviklet i sin Kritik der reinen Vernunft, og at dette kan skee troer jeg at have viist ved at udlede dem alle a priori, og blot at lægge det som hiin Bog har beviist til Grund. Jeg tog derfor ikke i Betænkning, at afvige fra *Kants* Bogstav, for at følge den kritiske Philosophies Aand. Maaskee vil det synes mange overflødigt, at gjøre Undskyldning for denne Afvigelse, men for den der veed at man ikke, uden at synde mod sund Logik, kan antage paa engang et System og en Mening, som strider mod dette vil det ikke være overflødigt at pege hen paa de Grunde, hvorfor jeg afveeg noget fra den kritiske Philosophies Ophavsmand, skjøndt jeg antager den kritiske Philosophie. For den der veed at skille Systemet fra dets Ophavsmand, har jeg og herved sagt nok; mit Forsvar maa man finde i Afhandlingen selv. At min Fremstilling maa have Mangler indseer jeg meget vel, og skal selv, naar jeg atter har gjennemtænkt denne Materie, meddele de Rettelser, jeg da finder fornødne.

79. Anledningen til denne Fremstilling er som Titelen viiser vor berømte Oberhofmarschal *Hauchs* Lærebog i Physiken, hvoraf vi nu have faaet Begyndelsen til en ny Udgave. Da denne eneste Bog af dette Slags, som vi have paa Dansk, antager det atomistiske System, som efter min Overbeviisning er urigtigt, saa har jeg troet at foretage mig et gavnligt Arbejde ved at sætte det modsatte System ved Siden deraf. At jeg med dette Arbejde ikke kan have til Hensigt at nedsætte den Mand, der trods alle de Hindringer som hans Embeds Forretninger og Hoffets Adspredelser lagde ham i Vejen har hævet sig til en anseelig Rang blandt vores hæderligste Naturgrandskere, og erhvervet sig Fremmedes Agtelse ved sine Talenter og Indsigter, derom behøver jeg vel ikke at forsikkre nogen Videnskabsmand.

80. Uden Tvivl vil det ikke være mine Læsere ukjert her at see de vigtigste Værker over Naturphilosophien anførte:

I Spidsen for dem alle bør naturligviis den Bog, som egentligen kan siges at have lagt Grunden til denne Videnskab, sættes nemlig: metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft von *Immanuel Kant.* Zweite Auflage Riga 1787.

Lazarus Bendavids Vorlesungen über die metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Wien 1798. Denne Bog er den fuldstændigste og meest oplysende Kommentar over denne Deel af *Kants* Philosophie.

Ideen zu einer Philosophie der Natur von *F. W. I. Schelling.* Erstes, Zweites Buch. Leipzig 1797.

F. W. I. Schelling von der Weltseele, eine Hypothese der höhern Physik zur Erklärung der allgemeinen Organismus. Hamborg 1798. Disse tvende Bøger fortjene vist nok Opmærksomhed for de skjønne og store Ideer som man finder i dem, men formedelst den ikke ret strenge Methode, hvorved Forf. blander Erfaringssætninger ind, uden at skille dem tilstrækkeligen fra de aprioriske Sætninger, betager Bogen meget af sin Værdie, især da de Erfaringssætninger han anfører ofte ere grundfalske.

Kommentar über eine der schwersten Stellen in *Kants* metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaften, das mechanische Gesetz der Stetigkeit betreffend. Von *D. Johan Friedrich Christof Gräffe.* Celle 1798.

Sätze aus der Natur-Metaphysik, auf chemische und medicinische Gegenstände angewandt, v. *C. A. Eschenmayer.* Tybingen 1797. Af samme Forfatter have vi og

Versuch die Gesetze magnetischer Erscheinungen aus Sätze der Naturmetaphysik mithin a priori zu entwikeln. Tybingen 1798.

Disse tvende smaae Skrifter vise en Forfatter af et originalt Hoved, som det vel er værd at følge gjennem en Mængde Vildfarelser, da han lønner Umagen ved adskillige ypperlige Tanker. Foruden disse have adskillige, som have skrevet hele Systemer af den kritiske Philosophie, som *Beck, Neeb, Buhle,* saavel som *Mellin* i hans Ordbog for den kritiske Philosophie, og *Fischer* i hans physiske, leveret Udtog af og Forklaringer over Naturmetaphysiken, uden dog derved at bringe Videnskaben videre. I *Grens* og *Fischers* Lærebøger i Physiken lægges ogsaa *Kants* Naturmetaphysik, til Grund,

hvorfor man der finder en kort Fremstillelse af samme. I vores *Rafns* Plantephysiologi finder man og Hovedpunkterne af Dynamiken. Ligeledes i *Grens* Grundrisz der Chemie 1796. I adskillige af *Kants* smaa Afhandlinger findes og et og andet herhen sigtende. Især er det interessant at see at denne berømte Philosoph allerede 1763, da han skrev sin Afhandling Versuch den Begriff der negativen Grösze in die Weltweisheit einzuführen, allerede havde de Ideer som ligge til Grund for hans Dynamik.

H. K. Ø.

DISSERTATIO

DE FORMA

METAPHYSICES ELEMENTARIS NATURÆ EXTERNÆ,

QVAM,

PRO SUMMIS IN PHILOSOPHIA HONORIBUS,

DIE 5. SEPTEMBRIS.

TUEBITUR

JOHANNES CHRISTIANUS ÖRSTED.

CANDIDATUS PHARMACIÆ.

HAUNIÆ, 1799.

TYPIS J. L. S. WINDINGII.

Facultas philosophica Havniensis specimen hoc dignum censet, qvod pro rite impetrandis summis in Philosophia honoribus academicis publicæ disqvisitioni subjiciatur.

JAC. BADEN
p. t. Decanus facult. philos.

[Denne Afhandling, sammenarbejdet med den foregaaende, udgives med nogle Tilføjelser under Titel:

D. Joh. Christian Oersteds Ideen zu einer neuen Architektonik der Naturmetaphysik nebst Bemerkungen über einzelne Theile derselben. Herausgegeben von D. M. H. Mendel. Berlin 1802.]

L. B.

Antea qvam has pagellas eruditorum examini subjiciam, haud alienum erit monere, eas brevi tempore conscriptas esse, qvamqvam diu de materia proposita meditatus eram. Venia enim disputandi pro summis in philosophia honoribus mihi jam data erat, cum resciverim, me intra breve temporis spatium almam hanc universitatem relicturum fore, dissertatio autem scribenda nondum elaborata erat, adeoqve eam festinare coactus sum. Qva de causa, L. B! hoc te rogatum volo, qvod ignoscas mihi illas mendas, qvas incuria festinantis fudit; qvoad principia autem necesse est, ut ea qvæ proposui ipse defendam.

Hac mea commentatione fere confecta, liber egregius Schellingii, Erster Entwurf einer Naturphilosophie, *huc pervenit, quare mihi haud contigit eo hic uti, qvod certissime ægre fero, qvamqvam hic liber metaphysicæ naturæ superiori longe majus incrementum adtulit qvam elementari. Qvæ in hac dissertatione de vi cohæsionis stabilire conatus sum, sententiæ hujus philosophi, consentanea sunt; me autem e libro illius ea non hausisse ex eo perspici potest, qvod eandem sententiam in recensione* Lærde Efterretninger 1799 *p.* 287 *inserta jam antea proposui. Idem philosophus celeberrimus promisit se editurum librum ejusdem argumenti ac nostri, qvem vehementer desidero.*

Metaphysicam naturæ externæ omnino fere neglectam fuisse, dum studio clarissimorum virorum cæteræ metaphysices partes vigerent, vix est, qvi infitias ibit. Merita immortalis *Kantii,* etiam de hac philosophiæ parte, satis jam inclaruere. Ejus tamen libellus de hujus scientiæ principiis paucos admodum habuit lectores, pauciores commentatores, nullos fere exploratores. Qvæ negligentia haud levi philosophiæ fuit detrimento. Nostra enim scientiâ non solum systemati philosophiæ conficiendo, rei qvidem maximi momenti, opus est, verum etiam leges naturæ, qvas in experientia iterum invenimus, ex ipsa cognoscendi facultatis natura deducendo, principia philosophiæ criticæ velut experimento confirmat.

Nemo adhuc de hujus scientiæ forma, limitibus & relatione ad metaphysicam generalem disserere conatus est, qvod tamen operæ pretium mihi videbatur, præsertim cum nulla hujus doctrinæ expositio, qvæ cum mea qvidem sententia de ejus natura congruit, in medium prolata est.

Qvare meas, qvalescunqve, hisce de rebus meditationes una cum objectionibus qvibusdam contra aliorum a meis discrepantes sententias proponere liceat. In qvibus peragendis summæ, qvam potero, brevitati operam dabo, solummodo studens scientiam nostram adumbrare, non vero ad finem perducere. Nullam itaqve demonstrationem, jam ab aliis propositam, qvam non necessarie poscit nexus argumenti, hic repetam.

Philosophia transcendentalis, legibus experientiæ universalis ex cognitionis humanæ natura deductis, duobus velut ramis diffunditur, qvorum alter leges experientiæ externæ, alter internæ complectitur. Hinc duæ oriuntur doctrinæ, metaphysica naturæ externæ, & metaphysica naturæ internæ. Hæc pauca tantum, ne dicam nulla, comprehendit, qvæ non jam in philosophia transcendentali generali explicata sunt, illa fundamentum totius scientiæ, qvæ vulgo vocatur physica, continet.

Transcendentalem illam de supremis cognitionis principiis philosophiam, cui *Kantius* ontologiæ nomen imposuit, lectoribus notam esse existimo, ut nulla ejus decretorum ampliori expositione opus sit. Nonnulla tamen de legibus experientiæ universalibus disserere placet, qvas *Kantius,* me judice, non omnes enumeravit.

I. *PRINCIPIA GENERALIORA.*

A. QVOAD QVANTITATEM.

Omnia objecta intuitus sunt qvanta extensiva.

B. QVOAD QVALITATEM.

In omnibus phænomenis reale id, qvod sensus afficit, qvantitatem habet intensivam, sive gradum.

C. QVOAD RELATIONEM.

Experientia fieri neqvit, nisi *necessario* plurium observationum *nexu.*

D. QVOAD MODALITATEM.

Nihil cognoscere possumus, nisi qvod cum *facultate* nostra *cognoscendi* nexu qvodam junctum sit.

II. Hæc sunt *principia generaliora*, e qvibus specialiora qvædam, singulis prædicamentis (categoriis) respondentia, deduci possunt.

A. QVOAD QVANTITATEM.

Omne objectum intuitus totum est finitum. Si enim esset totum *infinite magnum*, synthesis ejus nunqvam perfici posset; si *infinite parvum,* omni dabili minus fieret, qvæ repugnant.

Omne objectum intuitus dividi potest, idqve ita ut ejus divisio nunqvam ad extremum finem perveniat. Est enim qvantum *extensivum,* adeoqve partes habet, qvæ non possunt non separari, siqvidem vis (qvantitas intensiva), qvæ ipsi inest, non potest esse absolute maxima, sed ab alia vincatur necesse est. Nihil itaqve obstat, qvo minus partium alia ab alia separari possit. Qvælibet autem pars pro toto haberi, adeoqve iterum dividi potest, ita ut nulla pars absolute minima fiat. Nulla igitur pars objecti est simplex aut *unitas absoluta,* sed qvænam pars pro unitate putanda sit, id cujusvis arbitrio relinqvitur. *Unitas* ergo in omni objecto intuitus est indefinita, ut & *numerus partium (pluralitas).*

B. QVOAD QVALITATEM.

Vis, qvæ reali inest, non est simplex, sed e duabus viribus composita. Una enim vis totum limitatum producere non potis esset, nisi aut se ipsa limitaret, aut extentione evanesceret. Hæc autem fieri neqveunt; se ipsa limitare non potest, cum non valet contra se ipsa

agere: neqve extentione evanescere poterit, cum diminutione in nihilum converti neqveat, siqvidem nullus gradus vis alicujus tam parvus est, ut minorem eo invenire non liceat. De veritate hujus propositionis nobis persvasissimum erit, considerantibus omnem limitationem in cognitione humana e duabus contrariis (affirmatione & negatione) conflatam esse, qvo efficitur, ut nihil intueri possimus, nisi qvod e duabus viribus compositum est, cum nec vis nec limitatio reali deesse qveat. Duas igitur vires (positivam & negativam), qvarum altera alteram intra certas fines coercet, nec non tertiam, *limitatam*, qvæ ex ambarum conflictu oritur, admittere cogimur.

C. QVOAD RELATIONEM.

Principium substantialitatis

Substantiæ nec nasci possunt, nec interire, sed immutabiles sunt, qvantitas ideo earum nec minui, nec augeri potest.

Principium causalitatis.

Nulla mutatio fit, nisi antecedente causa.

Principium commercii.

Phænomena, ut contemporanea in spatio percipienda, invicem in commercio sunt, i. e. alterum in alterum agit.

D. QVOAD MODALITATEM.

Qvidqvid conditionibus experientiæ formalibus non repugnat, *possibile* est.

Qvod cum materiali experientiæ conditione congruit, id vere *est,* (danice: er til).

Qvod cum eo, qvod *est,* connexum est, legibus experientiæ universalibus, est *necessarium*.

Hanc expositionem legum experientiæ universalium omnino completam esse secundum prædicamenta, jam satis apparet, nec ulla amplius opus est demonstratione. Eædem qvoqve leges circa omnia intuitus objecta, vel in tempore solo, vel simul in spatio sita, vigere debent. Complexus eorum, qvæ in tempore solo sita sunt, naturam internam, eorum autem, qvæ simul spatium occupant, naturam externam conficit.

Reale illud, qvod in spatio collocatum est, *materiam,* ejusqve mutationes, qvæ itidem non nisi in spatio fieri possunt, *motum* vo-

camus. Hinc duæ oriuntur doctrinæ, altera de materia, altera de motu materiæ, qvibus tertia posset adjungi, doctrina motus *applicata,* qvæ circa motum ex certis corporum affectionibus exortum, & mutuam corporum motorum actionem versatur. Hanc vero doctrinam leviter solum adtingere mihi fas sit, metuenti ne perfectum qvid in hac re professus oneri impar deprehenderer.

Ceterum hic monendum putavi, has partes, qvas jam proposuimus, non totam metaphysicam naturæ efficere, nos solum indolem materiæ & motus edocentes, non autem, qva ratione ex his tota rerum natura formanda sit. Qvam ipsam ob causam complexus harum doctrinarum Metaphysica *elementaris* naturæ externæ vocatur; qvod etiam credo, in causa fuit, cur celeberr. *Kantius,* libro suo de metaphysica naturæ nomen Metaphysische *Anfangsgründe* imposuit.

Doctrinæ de materia & motu singulæ iterum in partes qvaternas, secundum qvatuor prædicamentorum ordines, dividuntur.

Doctrina materiæ doctrinæ motus præmittatur oportet; nam sine notitia extentionis, figuræ & plurium materiæ affectionum nulla doctrina motus constitui potest. Notio qvidem motus a doctrina de materia abesse neqvit, attamen nihil præter hanc notionem, qvæ etiam ad divisionem metaphysices naturæ externæ reqviritur, notum esse ponimus.

A. *DOCTRINA DE MATERIA.*

I. QVOAD QVANTITATEM.

Omnis materia per spatium extensa est, hujusqve tres habet dimensiones; id qvod vel inde patet, qvod nos materiam, tanqvam objectum sensus externi, non nisi sub spatii forma intueri possimus, adeoqve qvælibet materiæ pars in singulis spatii partibus posita sit, atqve, ut ipsum spatium, tres habeat dimensiones.

Qvantitas ejus spatii, qvod materia aliqva occupat, finita est. Si enim vel infinite magna, vel infinite parva esset, objectum intuitus fieri neqviret. Si prius esset, synthesis ejus nunqvam finiri posset, si alterum, minor omni dabili qvantitate evaderet. Unaqvæqve igitur materia certis finibus circumscripta est.

Materia dividi potest, idqve in infinitum i. e. divisione materiæ nunqvam ad partem simplicem perveniemus, materia enim est *reale,* qvod in infinitum dividi potest.

Ex his concludere licet, materiæ qvantitatem enumeratione par-

tium definiri non posse, cum nulla pars sit absolute minima, sed iterum dividi possit.

Nulla igitur materiæ pars est unitas absoluta, qvænam vero illarum pro unitate habenda sit, arbitrarium est.

Unitas materiæ proinde est indefinita, adeoqve arbitraria. *Numerus partium (pluralitas)* itidem indefinitus & arbitrarius est.

Ipsa vero materia, ut totum considerata, finita est.

Jam affectiones generales materiæ, e qvantitate exortas, enumerare possumus, qvæ qvidem sunt: *extentio*, *figura & divisibilitas*, eademqve infinita.

B. QVOAD QVALITATEM.

Materia vi qvadam motrici prædita est. Materiam vi qvapiam instructam esse jam ex eo colligi licet, qvod sit reale qvid; hanc autem vim esse motricem inde concludimus, qvod omnis mutatio in spatio motu qvodam fiat. Itaqve vis materiæ nil, nisi motum, efficere valet, ergo qvælibet materiæ vis optimo jure dicitur *motrix*.

Ea autem vis vel adtractoria, vel repulsoria esse potest. Vis enim repulsoria sola materiæ partes inter se dirimeret, & ita materiam, vel per infinitum, dilataret, cum nec ulla vis se ipsa finibus continere, nec spatii dilatatio ita vim diminuere posset, ut hæc omnino evanesceret, siqvidem nulla tam parva vis dari potest, qvin ea minor reperiatur. Similis qvoqve est vis adtractoriæ ratio, qvæ si sola ageret, materiam in infinitum coarctaret, donec in punctum eam redegisset. Qvod si igitur materia solum vi repulsoria prædita esset, spatium infinite magnum occuparet, si modo vi adtractoria instructa esset, ipsam spatium infinite parvum caperet. At neutrum horum esse potest. Una igitur harum virium neqvit materiam producere, earum autem conflictu reale illud, qvod materiam vocamus, exoritur. Qvo conflictu efficitur, ut materia spatium definitum impleat & cuilibet vi externæ, qvæ ejus partes separare conatur, resistat. Sejungi enim partes neqveunt, nisi motu, qvo contra unius ipsarum virium directionem necesse pellantur. Hæc materiæ affectio *vis cohæsionis* dici solet. Materia vis repulsoria solum adtactu, adtractoria etiam per intervallum agit.

Hinc seqvitur, vim cohæsionis extra superficiem corporis neutiqvam agere posse. Ex conflictu enim duarum virium, qvarum altera per intervallum agere neqvit, ortum trahit.

Celeberr. ille philosophiæ criticæ author hanc vim non ad es-

sentiam materiæ pertinere, sed potius sola experientia cognoscendam esse asseruit. Rem vero hic aliter sese habere satis, credo, ex demonstratis patebit. Nam etsi hac in re vestigiis *Kantii* mihi insistendum esse olim putarem, ea tamen, re diligentius deliberata, relinqvere coactus sum.

Vis adtractoria secundum rationem qvantitatis materiæ agit, & ideo nullo modo a *gravitate* diversa est. Vis repulsoria vi cuilibet externæ, per spatium, qvod occupat, penetrare conanti, semper resistet, ejusdemqve actione efficitur, ut nulla materia idem spatium ac altera possit occupare. Hinc *impenetrabilitas* corporum.

Si alteram harum virium *adfirmativam* esse ponamus, alteram *negativam* esse utiqve seqvitur. Ambitus efficientiæ harum utriusqve infinite patet, earum autem conjunctione *limitatus* evadit.

Jam igitur materiæ vires secundum prædicamenta plene enumeravimus.

Materia, ut vidimus, conflictu duarum virium oppositarum gignitur, qvarum altera alteram ita coercet, ut magnitudo spatii, qvod corpus occupat, virium differentiæ (mathematicæ) fiat æqvalis. Qvod qvidem primo adspectu absurdum videri posset, cum vires ambæ sint infinitæ, & adeo differentia earum fieret æqvalis Nullo: $\infty \div \infty = 0$. Verum considerandum est, vires tantum qvoad *ambitum* infinitas esse, non vero item qvoad gradum, qvi varius esse potest. *Eschenmeier*[1], vir acutissimus, aliam, ad hanc difficultatem tollendam, viam ingressus est, vim repulsoriam $= \infty$, adtractoriam $= \frac{1}{\infty}$ statuens. Cujus sententiæ firmandæ causa seqventem ratiocinationem perhibet: vim adtractoriam repulsoriæ, qvæ infinita est, oppositam esse, qvod autem infinite magno oppositum sit, id infinite parvum esse oportere. Hæc autem longe a vero aberrant; nam infinite magno $(+\infty)$ solum negationem infinite magni $(\div \infty)$ opponi posse, facile perspicietur. Porro statuit materiam esse productum (mathematico sensu) virium primitivarum, ita ut materia $= \infty \times \frac{1}{\infty} =$ *finito* esse deberet, qvæ qvidem opinio, qvoniam illi superiori arctissime juncta est, cum ea refutata cadit; si enim vires illæ $= +\infty$ & $\div \infty$ (non ut ille vult $= \infty$ & $\frac{1}{\infty}$) putandæ essent, earum productum $= +\infty \times \div \infty = \div \infty^2$ necesse foret,

[1] *Versuch die Gesetze magnetischer Erscheinungen aus Sätzen der Naturmetaphysik, mithin* a priori, *zu entwickeln. p. 39.*

qvod absurdum. Sin etiam hoc conceditur, tamen haud qvaqvam probari potest materiam eodem modo viribus effici, ac factum mathematicorum, qvod e præcedentibus absqve ulla ampliori demonstratione satis patebit.

In uno eodemqve corpore vis repulsoria adtractoria semper major est. Si enim vis adtractoria repulsoriam superaret, differentia earum, i. e. extensio corporis qvantitas negativa fieret; si invicem æqvales essent hæ vires, differentia earum, itaqve etiam extensio corporis, = 0 foret.

Ut porro vires materiæ, qvemadmodum hic vidimus, impares magnitudine sint, ita etiam ipsa corpora qvantitate virium inter se diversa sint, necesse est. Si enim omnia æqvalem virium qvantitatem haberent, nullum corpus ab alio distingvi posset, cum omnia ejusdem forent naturæ, qvo efficeretur ut nullus omnino motus observari posset.

C. QVOAD RELATIONEM.

Principium illud substantialitatis materiæ, qvod docet, nullam materiam aut oriri aut evanescere posse, satis luculenter, me judice, a *Kantio* demonstratum est, ut nihil relicti mihi sit, nisi ut pauca adferam, qvibus huic propositioni, prava interpretatione sæpenumero vexatæ, sæpius omnino neglectæ, clariorem lucem adfundam.

Materia nihil aliud est, qvam productum conflictus virium primitivarum, qvantitas ejus igitur eadem est ac qvantitas virium. Siqva igitur vis materiæ evanesceret, perinde esset ac si ipsa materia evanesceret, qvod principio substantialitatis repugnat. Neqve aliter se res haberet, si vis ab alio corpore in aliud, aut ab alia corporis parte in aliam, migraret, nam sic una pars materiæ interiret qvo altera oriretur, qvod pari modo principio substantialitatis repugnat.

Principium causalitatis, naturæ externæ, nullam mutationem, nisi a causa externa ortam, fieri præcipit (lex inertiæ).

Hoc seqvitur principium commercii dynamici, reactionem materiæ actioni æqvalem esse asserens. Qvod principium, qvoniam aliud est, qvam qvod *Kantius* in Mechanica sua demonstravit, meum erit argumentis confirmare.

a) Si corpus qvoddam A in alterum B solum vi repulsoria ageret, nihil aliud efficeret qvam ut corpus B comprimeretur, ɔ: ut vis repulsoria corporis A eandem vim in corpore B coerceret. Hæc autem, secundum naturam suam, necesse resistet ac comprimentem

non minus coercebit qvam comprimens eam, qvod ni fieret, æqvilibrium nunqvam rediret, sed motus a compressione exortus semper maneret & corporum alterum in infinitum comprimeretur.

b) Si corpus A sola vi adtractoria in B ageret, similiter reactio æqvalis esset actioni. Hic qvatuor casus distingvi possunt.

I. A & B omnino æqvalia sunt, cum ambitu, tum densitate.
II. densitate qvidem æqvalia sunt, non autem ambitu.
III. Ejusdem ambitus, diversæ densitatis sunt.
IV. inæqvalia sunt cum ambitu, tum densitate.

Primo casu actionem & reactionem se invicem æqvare facile perspicitur.

Secundo. Si ponamus corpus B solum partem qvandam v. c. $\frac{1}{n}$ spatii corporis A continere, hoc idem erit, ac si corpus illud $\frac{1}{n}$ partem ambitus efficientiæ vis adtractoriæ corporis A contineret; corpus igitur A jam tantum $\frac{1}{n}$ parte vis ejus in B agere poterit, qvam, si ambo hæc corpora ambitu æqvalia fuissent, in illud exserere debuisset; qvum præterea, ex nostra positione, A & B densitate æqvalia, ambitu vero inæqvalia sunt, idqve ita, ut corpus B solum $\frac{1}{n}$ partem ambitus corporis A capiat, seqvitur ut B qvoqve $\frac{1}{n}$ solum partem materiæ corporis A capiat; qvare B modo $\frac{1}{n}$ parte vis ejus in A aget, qva, cunctis paribus, agere debuisset. Hinc ergo seqvitur, A & B tantum $\frac{1}{n}$ parte ejus vis in se invicem agere, qva superiori casu egerunt; qvo cum actio & reactio utriusqve corporis inter se æqvales essent, etiam hic æqvales sint, necesse est.

III. Materia corporis B $\frac{1}{n}$ modo partem materiæ corporis A efficiat. Hic corpus B $\frac{1}{n}$ solum parte ejus vis in A aget, qva primo illo casu agebat, cum vero B $\frac{1}{n}$ tantum massæ parte, in qvam A agere possit, prædita est, conseqvens est, A in corpus B tantum $\frac{1}{n}$ parte vis ejus agere, qva primo casu agebat. Actio igitur & reactio invicem æqvales esse pergunt.

IV. Faciamus ambitum corporis B, eodem modo ac proximo

superiori casu comparati, ita immutari, ut $\frac{1}{m}$ partem corporis A efficiat, qvo facto, perspicue patebit, fore ut corpus A, decrescente spatio, $\frac{1}{m}$ parte vis ejus in B agat, qva proxime superiori casu agere oportuisset; qvum vero spatium diminutum jam *m* partibus plus materiæ, qvam superiori casu, contineat, vis, qva A in B agat, *m* partibus major ac illo casu futura sit. Qvarum causarum altera efficeret, ut A in B $\frac{1}{m}$ tantum parte vis ejus ageret, qvam superiori casu exseruit, altera vero, ut eadem vis *m* partibus major, qvam eodem casu, foret.

Mutua igitur actionis & reactionis æqvalitas integra manebit.

Summæ hujus demonstrationis nihil deesse, facile cuivis patebit, monito, qvamlibet fractionem, tam veram qvam spuriam formulis $\frac{1}{n}$ et $\frac{1}{m}$ indicari.

Cum vis cohæsionis e viribus adtractoriis & repulsoriis conflata est, haud dubitari potest, qvin etiam actio & reactio hujus vis sint invicem æqvales.

Hic est locus divisioni corporum qvoad mutuam eorum relationem. In qva divisione solummodo mutationem situs partium in corpore respicimus, duorum rationem habentes, vis, qvæ in corpus agit, & conditionis corporis, in qvod vis externa agit.

I. Respectu ejus vis, qvæ situm partium mutare valet, corpora sunt.

a.) *Fluida,* qvorum partium situs minima qvaqve vi mutari potest.

b.) *Solida,* qvibus diversa est conditio. *Solida* iterum dividi possunt in

α.) *dura,* qvorum partes non, nisi magna vi adhibita, situm immutant.

β.) *Mollia,* qvibus parva tantum vis ad mutuum partium situm mutandum opus est.

Hæc autem divisio, tantummodo ad gradum indefinitum vis externæ respiciens, magis ad physicam empiricam, qvam ad metaphysicam pertinet.

II. Respectu conditionis corporum, dum mutatur situs partium, dividuntur in

a.) *fragilia,* qvæ mutatione situs partium facile destruuntur.

b.) *Ductilia,* qvorum partes, sine corporis adfecti destructione, inter se moveri possunt.

Corpus admodum *molle* & simul *ductile, viscosum* apellamus.

III. Respectu conditionis corporum, mutato partium situ, in duas classes abeunt.

a.) *Elastica,* qvorum partes (nisi corpus mutandum frangatur), locum, de qvo vi externa motæ sunt, illa agere desinente, denuo recipiunt.

b.) *Non elastica,* qvibus contraria est adfectio.

Hæc divisio, qvamvis secundum principia rationalia facta sit, non tamen probare potest, corpora solida, fluida, fragilia, cet. *vere esse,* qvod nos docere experientiæ est, ita ut hæc corporum divisio tanqvam in finibus cognitionum rationalium & empiricarum locata esse videatur. Tota igitur doctrina motus applicata, qvæ absqve notionibus soliditatis, fluiditatis, elasticitatis esse neqvit, qvodammodo experientiæ subsidio egere merito dici potest.

B. QVOAD MODALITATEM.

Materiam omittere placet, qvoniam nihil omnino ad nostram cognitionem augendam confert, qva de causa illa disqvisitio, secundum hoc prædicamentum, insignem in scientia *critica,* in *doctrinali* autem nullum fere locum meretur.

II. *DOCTRINA MOTUS PURA.*

A. QVOAD QVANTITATEM.

Qvantitas motus e spatii & temporis magnitudinibus composita est, ita ut qvo longius est spatium, qvod per tempus determinatum percurritur, eo major fiat qvantitas, qvo brevius, eo minor. Qvantitas motus hic *celeritas* vocatur.

Indicentur jam celeritates duorum corporum literis C & c, spatia qvæ ipsa percurrunt, S & s, tempora, qvibus eorum motus perficiuntur, T & t. Erit igitur, si tempora sunt æqvalia, $C : c = S : s$. Sin æqvalia sunt spatia, tempora autem non ($S = s$; $T \lesseqgtr t$), erit $T = nt$, & qvoniam corpus motum per tempus t spatium s emetitur, ut spatium ns per tempus nt percurrat necesse est. Perinde est $C : c = S : ns$, qvia tempora T & nt invicem æqvalia sunt. Est porro (per hypothesin) $S = s$, itaqve $C : c = 1 : n$. Nec non $t : T = 1 : n$ (est enim $nt = T$). Qvam ob causam erit $C : c = t : T$, siqvidem spatia sunt æqvalia. Jam solita mathematicorum methodo possumus demonstrare: $C : c = S \times t : s \times T$, & $C : c = \frac{S}{s} : \frac{T}{t}$.

Eschenmeier[1], qvi motum censuit esse productum mathematicum temporis & spatii, seqventem seriem, in qva est $S^0T = 1$, toti phoronomiæ præmittendam putavit:
$S^{+\infty}T \dots S^{+n}T \dots S^{+2}T, S^{+1}T, S^0T, S^{\div 1}T, S^{\div 2}T \dots S^{\div n}T \dots$ $S^{\div\infty}T$. Cujus seriei primo & ultimo membro inter se multiplicando medium inqvit, effectum iri, i. e. $S^{+\infty}T \times S^{\div\infty}T = S^0T$, qvod toto coelo a vero aberrat, est enim, secundum maxime vulgares matheseos regulas, $S^{+\infty}T \times S^{\div\infty}T = S^0T^2$. Ex ejus principiis, ipso confitente, haud dubie seqvitur $S^{\div\infty}T = S\,T^{+\infty}$, unde colligi potest: $\frac{1}{S^{\infty}}T = \frac{1}{\infty}T = \frac{T}{\infty} = \frac{1}{\infty} = S\,T^{+\infty}_{=}\; S\,\infty = \infty$ adeoqve infinite parvum $\left(\frac{1}{\infty}\right) = (\infty)$ infinite magno, qvod absurdum.

Ceterum hic admonere licet, qvæ nuper de qvantitate motus diximus, ea solum de motu corporum, qvæ massæ æqvalis sunt, vel qvod hic idem est, ut sola puncta spectantur, valere, non autem de motu corporum qvoad massam inæqvalium, cujus qvantitas e celeritate & massa constructa est, ut qvantitates motus duorum corporum, qvorum massæ indefinitæ sunt, eandem inter se habeant rationem, ac producta massarum & celeritatum, sive, ut mathematici loqvuntur $Q : q = M \times C : m \times c$.

Propositio illa de qvantitate motus, qvæ hanc nec infinite magnam, nec infinite parvam fieri posse asseruit, ad hanc doctrinæ partem referri debet.

Nullam motus partem, si celeritatem majorem e celeritatibus minoribus compositam esse ponamus, absolute minimam fieri posse, id tam e legibus experientiæ universalis, qvam ex eo, qvod motus nullus sit per se minimus, satis apparet.

Si spatia, qvæ motus continuus per æqvales temporis partes absolvit, easdem habent qvantitates, atqve ideo celeritas *una* est, *uniformis*, sin minus, *variatus* is motus appellari solet. Motus variatus iterum aut *regularis*, aut *irregularis* esse potest. Hic *universalitatem* celeritatum, ille *pluralitatem* habet.

---

[1] *Versuch die Gesetze magnetischer Erscheinungen aus Sätzen der Naturmetaphysik, mithin* a priori, *zu entwickeln.* p 239 & sqq.

B. QVOAD QVALITATEM.

Directio Corporis moti qvalitatem motus efficit. Directio est recta linea, per qvam corpus motum transit, & ubi a recta declinaverit, novus incipit motus, adeoqve motus non rectilineus limitatus evadit.

Motus rectilineus, qvi directionem alii motui rectilineo plane oppositam seqvitur, pro negatione ejusdem haberi potest, itaqve si hæc adfirmativa esse ponatur, illa negativa fiat, necesse est.

Hic plures motus, vel easdem, vel diversas directiones habentes, in uno puncto eodemqve spatio uniri non posse monendum est. Qvæ qvidem propositio partem theorematis phoronomici *Kantii* efficit.

Motus qvoad qvalitatem in adfirmativum negativum & limitatum dividitur.

C. QVOAD RELATIONEM.

Motus & qvies sunt accidentia.

Hoc utpote aptissimo loco significari posset, motum corporis rectilineum eundem esse ac motum spatii relativi, directione opposita; huic enim motus conditioni nullus foret locus, nisi accidens esset.

Qvoad causalitatem demonstrare debemus, plures motus diversos unius motus causam fieri posse, id qvod alteram partem theorematis phoronomici *Kantiani* conficit.

In hujus propositionis demonstratione ostenditur, nullum motum compositum fieri posse, nisi unus motuum spatio tribuatur, unde patet, motum corporis non posse eundem esse, qvi motus spatii in directione opposita, si scilicet motus compositus est.

Corpus aliud aliud versus moveri neqvit, nisi hoc motum unacum spatio relativo æqvalem, sed contrarium accipiat. Motus enim est solum mutata corporis ad externa relatio, qvæ non modo ad corpus commotum & ad spatium, sed ad utrumqve vicissim pertinet. Qvo magis, v. c. distantia corporis A a B crescat, eo major distantia corporis B ab A necesse fiet. Ita qvidem se res habebit, si corpora sint æqvalia, sin minus, ratio celeritatum inverse ut massarum erit, ut qvantitates motuum fiant æqvales.

Exinde theorema illud *Kantianum*, »actionem reactioni esse æqvalem,« deduci potest.

Motus qvoad causalitatem in *simplicem & compositum* dividi potest. Si vero influxum respiciamus, *proprium & communem* distingvere licet.

Motus qvoqve in *absolutum* & *relativum* dividi solet, sed minus recte, cum omnis motus tantum relativus esse debet.

D. QVOAD MODALITATEM.

Motus dividi potest in *verum* & *apparentem* sic dictum, qvæ qvidem divisio prædicamento essendi respondens, in physica experimentali usitata est, qvia motum corporis compositum experientia cum motu spatii opposito sæpissime confudit. Motus qvoqve secundum prædicamenta possibilitatis & necessitatis in *possibilem* & *impossibilem,* in *necessarium* & *accidentalem* dividi posset, qvarum tamen divisionum nulla, ut satis adparet, ulli erit nobis utilitati.

III. *DOCTRINA MOTUS ADPLICATA.*

A. QVOAD QVANTITATEM.

Huc pertinent omnes corporum motorum effectus, qvos aut figura corporum, aut definita eorum extentio unacum qvantitate motus producit. Hæc nostræ scientiæ pars de effectu motus solidorum, fluidorum elasticorum, nec non fluidorum non elasticorum agit, unde tres oriuntur doctrinæ: *Mechanica, Hydraulica, Pneumatica.*

Divisibilitas corporum unacum motu nihil potest efficere; neqvit igitur ulla pars doctrinæ motus applicatæ ex hac corporum affectione oriri. Idem valet de extentione, qvæ, nisi limitibus circumscripta & in figura inclusa sit, esse neqvit.

B. QVOAD QVALITATEM.

Vis corporum repulsoria impulsus & pressionis, nec non resistentiæ *Medii* causa est. Tres igitur doctrinæ hinc originem ducunt.

E vi corporum adtractoria, qvæ etiam gravitas vocari solet, nascitur doctrina, in tres partes divisa, qvarum prima agit de motu e gravitate solidorum exorto, secunda de motu e gravitate fluidorum non elasticorum, tertia de motu e gravitate fluidorum elasticorum profecto disserit. *Statica, Hydrostatica, Pneumatostatica.*

Vis cohæsionis efficit ut & corpus, cujus partes aliud segregare conatur, huic resistat, & celeritatem alterius corporis moti tangendo minuat; eadem qvoqve vis actionis chemicæ causa esse videtur. Ad qvod demonstrandum, theoriam chemiæ fundamentalem, nondum *a priori* stabilitam, hic exponamus necesse erit.

Sunt qvidem nonnulli, inter qvos etiam præclarissimi viri, qvi *chemiæ rationalis* periculum fecere; qvos autem in ipsis metaphysices naturæ principiis errasse probare conabor.

Theoriam chemicam acutissimi *Eschenmaieri,* qvalem qvidem ipse exposuit, falsæ ipsius sententiæ de natura virium primitivarum omnino superstructam, destruere vix opus esset, ni huic *Schellingius,* vir ingeniosissimus, aliis certe principiis nisus, suffragatus esset. Tota hujus viri cl. chemiæ rationalis doctrina in notione corporum heterogeneorum vertitur, cujus falsitatem, si detegere nobis contigerit, illa tota ruat necesse est. Corpora existimat heterogenea vocari, qvorum vires primitivæ rationes inversas proportionis efficiunt. Talis autem proportio nullo pacto constitui potest. Vires adtractorias duorum corporum heterogeneorum literis A et a; repulsorias literis R & r significatas velimus, ex qva definitione seqvitur, ut sit $A : R = r : a$, ubi vero neqve $A > R$, nec $A < R$, nec $A = R$ esse potest. Si enim $A < R$ esset, etiam $r < a$ foret, i. e. vis adtractoria foret major repulsoria, qvod fieri neqvit. A vero nec $> R$, nec $= R$ esse posse, e præcedentibus perspicue elucet (vid. pag. 89.)

Alius, isqve clarus philosophus, *Lazarus Bendavid,* conjunctionem corporum heterogeneorum, circa qvam chemia versatur, solum ex actione virium adtractoriarum explicandam esse putavit. Cui si fidem adhibeamus, actio chemica inter duo corpora A & B oriri deberet, qvando vis adtractoria, qva partes corporis A cohærent, est minor vi, qvam partes corporis B in partes corporis A exserunt, qvo efficitur, ut partes corporis A ad B adproximatæ per momentum temporis infinite parvum vi repulsoria solum præditæ omni cohæsione priventur, qvare non possunt non in spatio infinito dissipari, ni partes corporis B illas in centro suo conjungere conarentur, qvod tamen ne fiat impedit vis repulsoria, qvæ partibus corporis A inest, adeo ut unacum partibus corporis B spatium definitum certo gradu impleant. Qvo autem modo B agit in A, eodem vicissim A in B agit, et ita se invicem penetrant[1].

Hæc doctrina non solum ea parte laborat, qvod omni absqve demonstratione, vim adtractoriam evanescere ponat, verum ne intelligi qvidem potest, qva ratione alterum corpus eandem vim in altero tollere valeat. Nec non vehementer repugnat, vim adtractoriam in duobus corporibus simul exstingvi & agere, qvod tamen, secundum hanc doctrinam, est conditio, sine qva in unum redigi neqveunt.

Si porro vis adtractoria, qvæ etiam per intervallum agere potest,

[1] *Lazarus Bendavid's Vorlesungen über die metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft, Wien* 1798. §. 237 & 239.

sola esset causa effectus chemici, nihil impedire posset, qvo minus corpora distantia mixtionem chemicam inirent, qvod experientiæ contrarium est.

Deniqve hæc doctrina, etiam si falsa non esset, actionem chemicam fieri debere non potis est *a priori* probare, sed solum explicare, qvod tamen, si recte fecisset, opus haud spernendum fuisset. Causa primaria erroris hujus doctrinæ hæc mihi esse videtur, qvod vim solam adtractoriam cohæsionis causam esse credidit, qvæ sententia supra demonstratis prorsus refellitur.

Qvodsi hocce argumentum, experientia duce, investigare velimus, fortasse filum Ariadneum reperiamus. Cuicunqve, qvi chemiam vel a limine salutavit, notum erit nullum corpus, nisi contactu, eoqve arctissimo, in aliud chemice agere posse, unde colligimus vim cohæsionis esse causam actionis chemicæ, siqvidem nec vis adtractoria, qvæ etiam per intervallum agit, nec vis repulsoria, qvæ potius efficeret, ut separarentur, qvam jungerentur corpora in causa esse possit.

Jam solum restat explicare, qva ratione vis cohæsionis talem effectum producere valeat.

Si duo corpora heterogenea A & B sese tangant, cohæreant necesse est; nam vis adtractoria corporis A, unacum repulsoria corporis B, & vice versa adtractoria corporis B cum repulsoria corporis A cohæsionem efficient. Si talis cohæsio tam valida est, ut vires, qvibus cohærent corpora, superare valeat, mixtionem chemicam inire & novum corpus producere debet.

Hic tantum possibilitatem chemiæ *a priori* demonstrare studuimus; spero autem, fore ut diligentiori disqvisitione totam de affinitatibus chemicis doctrinam hac via olim cognoscere possimus.

C. QVOAD RELATIONEM.

Qvoad substantialitatem & causalitatem nulla datur affectio motrix, qvare nulla doctrina motus adplicata, his prædicamentis respondens, proponi potest. Qvoad influxum, de communicatione motus inter solida, inter solida & fluida, inter dura, cet. agitur.

Jam adumbrationem metaphysices naturæ exposui, ex qva perspici licet, qvalis, me judice, hujus forma esse debeat. Ne autem formam qvam celeberr. *Kantius* dederat scientiæ nostræ temere deseruisse existimer, delineationem metaphysices naturæ, qvalem ipso auctore esse oporteret, talem exponere & critice perscrutari placet.

EXPOSITIO METAPHYSICES NATURÆ EXTERNÆ SECUNDUM KANTIUM.

Omnes vicissitudines, qvæ in mundo externo accidunt, absqve motu fieri non possunt, qva de causa determinatio fundamentalis cujuscunqve objecti experientiæ externæ motus qvidam est, & ad hanc solam determinationem ratio humana cetera materiæ adtributa refert. Metaphysica igitur naturæ externæ solum doctrina motus esse debet, qvæ secundum qvatuor prædicamentorum ordines in qvatuor doctrinas dividitur.

a.) De motu, ut *qvantum purum* considerato. Hæc doctrina dicitur *Phoronomia.*

b.) De motu, qvatenus ceu qvalitas materiæ connexa tractatur. *Dynamica.*

c.) De relatione materiæ, vi motrici præditæ, ad aliam ejusdem indolis materiam. Hinc *Mechanica.*

d.) De motu & qviete, respectu cognitionis humanæ. Inde *Phænomenologia.*

In qvalibet harum doctrinarum determinatio empirica singularis, veluti ejusdem fundamentum materiæ adtribuitur, hac autem excepta, nil omnino, qvod experientiæ est, adjicitur.

PHORONOMIA.

In phoronomia motus solus est determinatio illa empirica, qvæ materiæ adtribuitur. In hac doctrina proponuntur,

Distinctio inter spatium relativum & absolutum.

Definitio motus.

Divisio motus in

a.) rotatorium.

b.) progredientem.

α). spatium amplificantem.

β). recurrentem.

& qvæ cetera sunt.

Nonnulla de directionis & celeritatis notionibus.

Definitio qvietis.

Definitio constructionis motus compositi.

Axioma de motu rectilineo corporis, & de motu spatii directione opposita, omnino æqvipollentibus.

Definitio compositionis motus.

Theorema, qvo demonstratur, duos motus in uno eodemqve puncto compositos non posse cogitari, nisi alterum eorum in spatio absoluto, alterum motu spatii relativi, sed opposita directione, fieri animus concipiat.

DYNAMICA.

Materiam spatium implere, hæc sola determinatio empirica est, qvam materiæ in hac nostræ scientiæ parte adtribuimus.

Hanc determinationem seqvuntur:

Qvid sit spatium implere.

Definitio spatii vacui.

Theorema, qvo materiam vi motrici spatium implere probatur.

Definitio virium adtractoriarum & repulsoriarum.

Demonstratio, qva vires motrices, adtractoriis & repulsoriis exceptis, esse negatur.

Theorema ostendens materiam, vi repulsoria partium spatium implere.

Vim repulsoriam etiam elasticitatem vocari.

Vim repulsoriam in nullo corpore unqvam absolute maximam fieri posse.

Qvando materia aliam materiam penetrare dicitur.

Theorema, qvod materiam in infinitum comprimi, non autem penetrari posse, docet.

Differentia impenetrabilitatis absolutæ & impenetrabilitatis relativæ.

Definitio substantiæ materialis.

Definitio separationis partium materiæ ab ipsa materia, nec non divisionis physicæ.

Theorema de divisibilitate materiæ in infinitum.

Theorema, qvo vis adtractoria materiæ necessaria esse probatur.

Theorema declarans vim solam adtractoriam materiam efficere neqvire.

Definitiones contactus physici & actionis per distantiam.

Theorema de vi adtractoria, eandem actionem in distans esse ostendens.

Definitiones vis superficialis & vis penetrantis.

Vim repulsoriam esse vim superficialem, adtractoriam autem vim penetrantem.

Theorema, qvod vim adtractoriam materiæ per totum universum agere probat.

Vim adtractoriam eandem esse ac gravitatem.

Nonnulla de constructione materiæ.

Corollarium ad Dynamicam, ostendens, vim repulsoriam prædicamento realitatis, adtractoriam prædicamento negationis respondere, nec non duas has vires limitationem efficere.

Qvid sit corpus, ambitus, densitas.

Nonnulla de vi cohæsionis.

Qvid sit fluidum, solidum, frictio, viscositas, fragilitas.

Qvid sit corpus elasticum.

Nonnulla de actione chemica.

Præterea haud pauca ad systema atomisticum refutandum aptissimis locis adtulit.

MECHANICA.

Materiæ in hac doctrina vis motrix adtribuitur.

Hic proponuntur notio qvantitatis materiæ.

Qvid sit agere in massa.

Qvid sit corpus sensu mechanico.

Differentia qvantitatis motus, mechanice æstimati, a qvantitate motus sensu phoronomico.

Theorema ostendens, qvantitatem materiæ non nisi ex qvantitate motus æstimari posse.

Corollarium de qvantitate motus.

LEGES MECHANICES.

a.) Qvantitas materiæ nec augeri nec minui potest.

b.) Qvælibet mutatio externæ naturæ causam habet externam.

c.) In omni motus communicatione reactio actioni æqvalis est.

Corollarium ostendens, corpus etiam minimum cum corpore etiam maximo communicare posse.

Corollarium reactionem dynamicam actioni æqvalem esse docens.

Adnotatio generalis ad legem *continui* demonstrandam præcipue destinata.

PHAENOMENOLOGIA.

Materia hic ut mobile illud, qvod experientiæ objectum est, considerari debet.

Hic tria theoremata habemus.

1.) Motus corporis rectilineus, si tanqvam a motu spatii directione opposita distinctus consideretur, est prædicatum (adtributum) mere possibile.

2.) Motus compositus, ut prædicatum a motu spatii opposito distinctum, spectatus, est *verum* prædicatum, motus autem oppositus spatii relativi pro motu corporis habitus, haud qvaqvam verum prædicatum est, qvalem motum siqvis verum putet, *specie* decipitur.

3.) In qvolibet corporis motu, qvod cum alio comparatum pro *movente* habetur, huic motum æqvalem, sed oppositum, tribuamus necesse est.

Metaphysica naturæ externæ secundum formam, qvam ipsi dederat clarissimus auctor, ita breviter exposita, jam ad criticam ejusdem perscrutationem festinamus.

Hic mihi id primum reprehendendum esse videtur, qvod vir ille acutissimus leges experientiæ externæ non omnino *a priori* deduxerit, verum in qvacunqve scientiæ parte aliam affectionem empiricam materiæ adtribuendam esse judicaverit. Universales enim & necessariæ sunt leges naturæ, nec igitur experientiæ debentur, id qvod ab ipso *Kantio*, multisqve præterea aliis clarissimis philosophis satis demonstratum est. *Kantius* ergo in suis ipsius principiis offendit, cum notionem materiæ ab experientia petendam esse statuit; nam hac ratione universalitas ejus atqve necessitas peribunt. Si vero ipsa notio materiæ est contingens, leges naturæ ex eo deductæ necessariæ fieri neqveunt. Si, verbi causa, illa materiæ determinatio, qvod spatium impleat, solum *a posteriori* data esset, nihil obstaret, qvo minus aliqvid in natura externa absqve hac determinatione reperiri posset, qvo efficeretur, ut vires corporum primitivæ nullam, nisi hypotheticam, universalitatem haberent, & casus a legibus, qvæ his viribus superstructæ sunt, excepti facile admitti possent. Sin vero ex natura cognitionis humanæ jam demonstratum sit, nos nullam rem, nisi qvæ his viribus prædita sit, intueri posse, cætera omnia facile ea necessitate atqve universalitate seqventur, sine qva nulla scientia, stricte sic dicta, esse potest. Nec assertio illa, singulis metaphysices naturæ externæ partibus materiæ novam determinationem adjici, omnino vera est. De phoronomia qvidem & dynamica valet, minime vero de mechanica et phaenomenologia; principium enim mechanices, materiam vim motricem habere, in dynamica probatum est, & principium, sic dictum, pho-

ronomiæ, qvod asserit motum hic ut objectum experientiæ considerari, non modo est nova determinatio materiæ, sed potius definitio phaenomenologiæ.

Qvoad divisionem scientiæ nostræ præcipue multa monenda habeo. Metaphysicam naturæ externæ non solum doctrinam motus esse, verum etiam doctrinam de materia continere, jam supra diximus; hic tamen qvædam ad hoc probandum adjicere placet. Divisionem *Kantii* accuratam non esse, ex eo intelligi potest, qvod in phoronomia hujus cl. viri de qvantitate *motus,* in dynamica autem de qvalitate *materiæ*, in mechanica de *materia* qvoad substantialitatem & causalitatem, de communicatione *motus* qvoad influxum, in phaenomenologia iterum de motu agitur. Itaqve nec motum nec materiam secundum omnes prædicamentorum ordines pertractavit, sed de motu solum secundum prædicamenta qvantitatis & modalitatis, nec non secundum prædicamentum influxus, de materia modo secundum omnia qvalitatis & duo relationis prædicamenta disseruit. Qva de causa multa loco haud aptissimo exposita invenimus. Ita de directione motus, qvæ, cum vel affirmativa, vel negativa, vel limitata esse potest, ad qvalitatem absqve ullo dubio pertinet, in phoronomia (doctrina de qvantitate motus pura) agitur. Nec video qva ratione axioma de motu corporis rectilineo; & motu spatii, directione opposita, omnino æqvipollentibus, ad qvantitatem motus referri possit. Eqvidem hoc axioma propositionem, qvæ motum accidens esse docet, juxta posui, qvia, ni motus accidens, & propterea mutabile qvid esset, locum habere non posset. Compositionem motus ad prædicamentum causalitatis pertinere mihi videtur, qvoniam conjuncta plurium motuum actio, qva unicus tantum motus producitur, qvi ab illis, qvæ causam ipsius efficiunt, non solum qvantitate, sed sæpius qvoqve qvalitate diversus est.

Qvæ in dynamica circa divisibilitatem allata sunt, ea non ad hanc doctrinam pertinere, sed potius singularem partem, qvam *arithmologiam* vocat, efficere, *Eschenmeierus*, qvem supra laudavimus, primus animadvertit[1], qvam ob causam metaphysicam naturæ externæ in qvinqve partes, phoronomiam, arithmologiam, dynamicam, mechanicam & phaenomenologiam dividendam esse censuit. Pleraqve qvæ divisioni *Kantianæ* opposui, etiam huic, etsi illi præferendæ objici posse, satis adparet. Qvid sit corpus ambitus, id non

[1] *Versuch die Gesetze magnetischer Erscheinungen aus Sätzen der Naturmetaphysik, mithin* a priori, *zu entwickeln. p* 231 & sqq. Author ille vere acutus primus, ni fallor, divisionem *Kantianam* non accuratam esse, publice ostendit.

in doctrina de qvalitate, sed in doctrina de qvantitate definiendum esse, vix ulla eget demonstratione. Notio densitatis e relatione massæ ad ambitum oritur. Qvid sit fluidum, solidum & c. non ad qvalitatem sed ad relationem pertinere, ex definitionibus, qvas auctor ipse proposuit, perspici licet. Chemiam ad doctrinam motus applicatam referendam esse judicavi, qvoniam est motus e qvalitate materiæ exortus.

Propositionibus de qvantitate materiæ & motus nullum in doctrina de relatione locum esse, id demonstrare plane supervacaneum erit. Jam supra ostendimus *Kantium*, qvoad influxum, actionem corporum motorum (actionem mechanicam), non vero actionem virium (actionem dynamicam) pertractasse. In corollario qvidem conatus est ostendere, reactionem dynamicam actioni æqvalem esse, hoc autem æqvilibrium actionis & reactionis non ex indole virium, sed motus deduxit; qvare illud solum motui, qvi virium primitivarum effectu oritur, non autem actioni virium corporum qviescentium convenit.

Qvæ de ceteris monenda essent; jam ante proposui.

APPENDIX.

Ita, doctrina materiæ & motus exhibita, elementa metaphysices naturæ externæ proposuimus, qvo tamen neutiqvam explicatum est, qvi ex hisce elementis scientia componatur, qvæ nos docere possit, qvo ordine oportet tota natura externa constituta sit. Nemo tamen, qvod scio, talem scientiam proferre adgressus est, certe non hac via. Mihi qvidem nec vires, nec brevitas temporis totam hanc scientiam penitus perspicere permisere; nihilo tamen secius non potui qvin qvædam proponerem, qvæ, meo judicio, illustrarent, qvo pacto ex illis elementis in sublimiorem hanc doctrinam transeundum esset.

Ex iis, qvæ hactenus protulimus, perspicue adparet, motum haud dubie inesse naturæ, qvæ eo privata in molem inanimem abiret. Motus igitur si est necessarium qvid naturæ, tali qvodam modo fiat, ne iterum per se desinat, finitumqve spatium capiat, necesse est. Hujusmodi motus foret, si corpus curvam in semet ipsam recurrentem lineam perpetuo percurreret, qva definitione jam constitutum est, qvalis necessarius naturæ motus esse debeat. Motus qvisqve curvilineus compositus (pluribus viribus productus) sit oportet; semper enim aliqva vi opus est, si corpus ab ea directione, per qvam commotum meare inceperat, declinandum sit, sive aliis

verbis: ut a recta linea deflectat. Vires, qvæ hujusmodi motum efficiant, duorum generum sint, necesse est, qvorum alterum motum in linea recta producere, alterum ab ea deflectere, assidue conatur. Porro linea talis sit regularis, & propterea statum qvoddam, unde methodo mathematica descripta cogitari potest, punctum habeat oportet. Qvum vero non solum in mathematica, verum etiam in physica descriptione res hic vertitur, necessitate adacti statum illud curvæ lineæ punctum velut punctum physicum (corpus, qvod centrale vocari posset) tractamus, cui vim qvandam, ita qvidem comparatam, ut in distans agat tribuimus; curva enim linea aliqvantum a stato suo puncto distet necesse est.

Neqve satis esset, hanc vim semel omnino egisse, si postea desineret; verum sempiterna ea vis maneat, oportet. Qvoniam enim vacuum neutiqvam datur, corpus commotum aliqvid materiæ usqve summoveat, ideoqve cum hac ipsa aliqvantum sui motus communicet, necesse est, qvo efficeretur, ut ipsum ad postremum moveri omnino desineret, ni motus ipsius vi qvadam externa assidue augeretur. Cogimur ergo, ut stato curvæ lineæ puncto vim perpetuam inqve distans agentem tribuamus.

Vim talem, percommode! jam nobis invenire contigit. Eam probe novimus, *a priori* demonstratam, nomine, *vis adtractoriæ.*

Altera harum virium necessarium etiam perpetua sit oportet; vis enim perpetua cum vi non perpetua nulla ratione motum perpetuum efficere potest; hæc vero donec tota evanuerit, paulatim decrescat necesse est. Proxima hujus rei causa vis corporis centralis repulsoria esse neqvit; hæc enim vis non agit in distans, & præterea vi adtractoriæ omnino contraria est, vis contra, de qva hic agitur, illam vim sub angulo secat, i. e., vis tangentialis est. Nihilo secius hanc vim pro primitiva habere non audemus, sed ab aliis derivare cogimur. Pluribus, fateor, viis hoc fieri posset, qvarum tamen hæc mihi facillima & compendiaria qvædam videtur. Materiam qvandam e corpore centrali emanantem corpori moto ita impingere, ut ipse impulsus in duas vires solvatur, qvarum alterius directio eat per centrum corporis hujus simulqve fiat *tangens* curvæ lineæ, qvam corpus commovendum permeabit. Eqvidem credo me talem in ipsa natura materiam deprehendisse, qvam tamen opinionem, donec eam multis ob hoc ipsum ineundis rationibus mathematicis firmavero, mihi retinere liceat.

Summa eorem, qvæ hic proposuimus, aliqvantum differt ab eo,

qvod adhuc de motu corporum coelestium creditum est. Deum videlicet creatorem a principio corporibus illis pulsum intulisse secundum *tangentem* curvæ lineæ, per qvam motu ferrentur. Qvæ qvidem opinio omnibus, qvæ unqvam opinionem urserint, vitiis laborat, cum neqve ex causa naturali, sed supernaturali explicat, nec hac admissa, nobis ad rem intelligendam sufficeret; sumit enim unam non perpetuam assidui motus causam, qvod repugnare jam supra demonstravimus. Pluribus ad hanc opinionem refellendam vix opus est. Eqvidem scio eam viro, inter principes acutissimorum ingeniorum, qvi unqvam exstitere, facile numerando placuisse, eidemqve multos magnorum nominum viros adstipulatos esse, magis sane, qvia alii opinioni inserta est, qvæ tum propter acumen inventi, tum propter severitatem demonstrationis, eminentissimis humani ingenii speciminibus merito adnumeratur, qvam qvod idonea ratione nixa esset. Longe probabilior, etsi, me judice, non vera, eorum sententia est, si qvi vim illam tangentialem pro vi primitiva materiæ habeant. Si causam mechanicam vim tangentialem efficere ponamus, eo obtinemus, ut diurnum corporum coelestium motum simul explicare liceat, qvod juxta contrariam opinionem opus difficillimum foret.

Ut protinus utilitatem præceptorum nostrorum declarem, his ipsis nisus probatum ibo *Medium* illud, in qvo motus perpetuus fiet, fluido qvodam repletum esse oportere, — spatium materia qvadam impletum esse, ex universali metaphysica jam intelligitur — hic autem demonstrandum est, medium illud ejusmodi esse, ut tantummodo infinite parum resistat vi, situm partium ipsius mutare conanti; si enim vis, qvæ renititur, esset finita, qvovis momento finitam celeritatis partem corpori commoto adimeret; qvo seqveretur, ut qvovis tempore finito, ex infinite multis momentis composito, corporis celeritatem infinite deminueret ɔ: omnino tolleret. *Medium* vero ita comparatum, ut corpori commoto vi modo infinite parva reniti possit, in natura eo cognoscimus, qvod vi minimæ cuiqve cedat. Et hæc qvidem ipsa eadem est definitio fluiditatis, qvam supra (p. 90) proposuimus.

Ex hisce omnibus iterum seqvitur, vastum mundi spatium fluido impletum esse; cum enim in ipso, materia utiqve repleto, motus perpetuo fieri debeat, fieri non potest, qvin *fluidum* sit ista materia.

FORSØG OG BEMÆRKNINGER OVER DEN GALVANISKE ELCKTRICITET AF DOKTOR H. K. ØRSTED

(NYT BIBLIOTHEK FOR PHYSIK, MEDICIN OG OECONOMIE. 1. BIND, 1. HEFTE, SIDE 91—97. KJØBENHAVN 1801)[1]

FRA det Øjeblik, da de Engelske Kemikere havde bemærket den Gasudvikling, som det Voltaiske Apparat var i Stand til at frembringe af Vandet, og det mærkværdige Fænomen, at denne Udvikling skeete saaledes, at Suurstofgassen udvikledes ved den ene Konduktor, medens Vandstofgassen viiste sig ved den anden, blev dette Apparat, og den Galvaniske Electricitet som derved frembragtes, Gjenstanden for enhver Kemikers Opmærksomhed. Men da *Ritter* ved at gjentage disse Forsøg, med Forandringer, gjorde det sandsynligt[2], at Vandet ikke var sammensat, men at hver af de udviklede Gasarter var et Produkt af Vandet med en af de ved Voltas Apparat frembragte electriske Materier eller Kræfter, maatte det endnu mere vække enhver Grandsker til Eftertanke, da der nu var de største Udsigter til en rig Høst i denne Videnskabens Mark.

Allerede førend *Ritters* Forsøg bleve bekjendte, havde jeg gjentaget nogle af de Engelske Kemisters Forsøg, men med et lidet Apparat, og uden nye Resultater. Siden derimod har jeg gjentaget *Ritters* Forsøg med nogle Forandringer, og, deels herved, deels ved egen Eftertænkning, faaet Lejlighed til at gjøre adskillige mere eller mindre betydende Opdagelser.

Næsten alle de Forsøg jeg her agter at anføre, ere anstillede i Overværelse af adskillige Videnskabsmænd, der iagttoge det samme som jeg.

Jeg vil lade det af mine Forsøg, hvis Indflydelse paa Videnskaben synes mig vigtigst, tillige med de Grunde, som ledte mig til det, begynde Rækken.

Da man ej allene kan tilvejebringe Galvanisk Virkning, ved Hjelp af to Metaller af forskjellig Oxydabilitet, men endog med oxydable Metaller og Blyant, som intet Metal er, saa synes det allerede deraf meget rimeligt, at det blot kom an paa at bringe Legemer af forskjellig Oxydabilitet paa en passende Maade i Forbindelse med

[1] [Findes ogsaa i »Nordisches Archiv für Naturkunde, Arzneywissenschafft und Chirurgie. 2. Bd. 1. St. p. 173—181. Kopenhagen 1801.]

[2] At de ikke have al den strænge Beviiskraft som det var muligt at meddele dem, nægter ikke engang *Ritter* selv. *Davy* synes derimod at ophøje Sagen over al videre Tvivl.

Vand, for derved at frembringe Galvanisk Virkning. Denne Tanke troede jeg at finde bekræftet ved den bekjendte Operation, hvor Salpetersyre, Vand og Alkohol, gydede over hinanden i Lag efter deres specifiqve Tyngde, uden at blandes, frembringe en saadan indbyrdes Vexelvirkning, at Alkoholen derved forvandles til Nafta. Jeg havde allerede besluttet at prøve, om man paa denne Maade kunne frembringe Galvanisk Virkning, dersom ikke adskillige andre Betragtninger havde bragt mig paa et lettere Spor. Den Sætning, at Vandet ikke er sammensat paa den Maade vi hidindtil troede, staaer som saadan ganske isoleret, til liden eller ingen Nytte for Videnskaben, naar man ikke kunde overbevise sig om, at de Udviklinger af Vandstofgas som vise sig, naar man opløser Metaller i nogle fortyndede Syrer, vare Følgerne af en Galvanisk Operation. Dette fandt jeg saa indlysende, at jeg ikke tvivlede længer om Muligheden af, at fremstille den Galvaniske Elektricitet paa adskillige nye Maader ved Metallernes Opløsning. Jeg valgte hertil 7 krumme Glasrør, der omtrent vare bøjede som et V, i disse bragte jeg noget Blyamalgama, og gjød derover, i det ene Rør fortyndet Svovlsyre. Jeg forbandt nu disse Rør med Konduktorer, som bestode hver af 2 Led, det ene af Sølv det andet af Jern, Jernlederne stode i Berørelse med Amalgamaen, Sølvlederne med Syren. Naturligviis gav denne Indretning ingen mærkelig Virkning, da her ingen mærkelig Oxydation foregaaer; men da jeg bragte et lidet Stykke Zink i hvert af de Rør som indeholdt Svovlsyre, erholdt jeg den Galvaniske Virkning, der viiste sig saavel ved Luftudvikling af Vand, i et dermed ved Konduktorer forbundet Glasrør, som ved den Fornemmelse, det opvakte paa Tungen. Uagtet jeg vist ikke bragte 20 Gran Zink i hver Portion Syre, og uagtet der neppe var et Lod fortyndet Syre i hvert Rør, vedvarede Virkningen mere end 14 Timer og kunde varet længere da jeg tømte Rørene; jeg troer derfor, at man med Fordel kunde benytte sig af denne Metode til den Galvaniske Electricitets Frembringelse. Saasnart mine øvrige Forretninger tillade det, skal jeg nu ogsaa anstille disse Forsøg med flere analogiske Substantser. Det lader sig ikke nægte, at dette Forsøg kaster et Lys over en Deel af Gasudviklingernes Theorie, der før var mørk. Saaledes kunde man før ikke forklare, hvorfor Oxydable Metaller ikke gave Vandstofgas med Vand i Draabeform, uden at der sattes en Syre til, hvorfor Svovl og Fosfor ikke vise nogen kjendelig Virkning paa Vandet, endskjøndt i Forbindelse med Alkali,

som man sagde, decomponerede det. Hvorfor Pyroforus behøver Fugtighed for at antændes, er ligeledes et Spørgsmaal vi nu ledes nærmere til at besvare, og maaskee vi ved Hjelp af den Ledetraad, som herved gives os, kunde opfinde endnu mange flere. Md. *Fulhames*, som det synes meget nøjagtige, Forsøg, hvori Vandet spiller en saa vigtig Rolle ved Oxydationer og Desoxydationer, høre ligeledes herhid.

De Galvaniske Forsøg have allerede forvandlet os to af de Stoffer, vi holdt for de fuldkomnest elementariske, til Vand. Skulde samme Skjæbne ikke ogsaa træffe Qvælstoffet (Azot). Vi have nu to Electriciteter, den man hidtil frembragte ved Rivning, og den Galvaniske; skulde vi ikke muligen endnu opdage flere, ved Kemiens Hjelp? skulde den før bekjendte Electricitet ikke frembringe Qvælstofgas med Vandet? det saa yderst hyppige Tilfælde, at man erholder Salpetersyre, naar man forvandler en Blanding af Vandstofgas og Suurstofgas til Vand, ved Electricitet, synes mig at tale for denne Mening. Desuden har man ved andre Lejligheder seet Vand give Salpetersyre ved Electricitet. Jeg haaber inden faa Dage at gjøre Forsøg som oplyse dette, og skal da saa hastigt som muligt, fremlægge mine Resultater.

Mit Voltaiske Batterie bestaaer af Blyantplader, i Stedet for de sædvanligere Sølvplader. Disse Plader ere ikke af reen Blyant, men af Diegelmaterie, altsaa blandede med Leer. De ere ikke saa virksomme som de af reen Blyant, men denne var det mig næsten umuligt at faae, endog i smaa Qvantiteter. Imidlertid gave 60 Lag af disse saavel Stød som Gnist, dog lod denne sig ej altid bemærke.

Pladernes Tykkelse er ej ligegyldig. Herom overbeviistes jeg derved, at jeg erholdt mere Virkning af tykke end tynde Blyplader, og vor desværre nu tabte *Abildgaard* fandt slet ingen Virkning af nogle endnu tyndere Blyplader, end de, jeg havde brugt.

At der gives to forskjellige Galvaniske Electriciteter, var allerede afgjort derved, at hver Ende af Batteriet gav sin forskjellige Gasart med Vand; men at disse to vare modsatte og ophævede hinanden, var vel af dens øvrige Analogie med Rivningselectriciteten højst sandsynligt, men ej ved noget Forsøg afgjort. Imidlertid er dette let: man forbinde kun de to Ledere, hvormed man leder den Galvaniske Electricitet til Vandet, ved at lade dem berøre hinanden, Gasudviklingen vil da ophøre.

Jeg forsøgte engang om flere Konduktorer fra den ene Side vil-

de forøge Gassens Udvikling af Vandet, men tvertimod min Formodning, erholdt jeg med 9 Konduktorer ikke nogen bemærkbar Qvantitet Vandstofgas, medens jeg paa den anden Side fik, ved een Konduktor, ikke lidet Vandstofgas. Overhovedet har jeg bemærket, at jo mindre Massen af den Metaltraad, hvormed man vil virke paa Vandet, er, desto mere Gas erholder man.

I fortyndet Luft virker den Galvaniske Electricitet paa Vandet. Herom har jeg overbeviist mig ved at opstille et Batterie af 8 Lag, under Klokken af en Luftpompe, og paa behørig Maade ledet den herved frembragte Virkning i et Glasrør, fyldt med Vand. Luftudviklingen foregik med mere end almindelig Hastighed, blev svagere, naar man atter ledte Luft ind, og forøgedes paa ny, naar Luften igjen fortyndedes.

Over Undersøgelsen af de Gasarter, som udvikles af Vandet ved det Voltaiske Apparat, forbeholder jeg mig en anden Gang at meddele Efterretning.

NACHTRAG DES HERRN DR. OERSTED ZU SEINEN BEMERKUNGEN UEBER DEN GALVANISMUS

(NORDISCHES ARCHIV FUER NATURKUNDE, ARZNEYWISSENSCHAFFT UND CHIRURGIE. 2. BD. 2. ST. P. 60—63. KOPENHAGEN 1801)[1]

Ich habe den Versuch, den Galvanismus durch Auflösung des Zinks in verdünnter Schwefelsäure hervorzubringen, seit der ersten Bekanntmachung öfters wiederholt. Bei diesen Wiederholungen wurden blos einfache, aus bloszem Eisendrath bestehende Conductoren angewandt, und der Erfolg war immer der nämliche. Mehr als 30 Röhren habe ich noch nicht versucht. Die daraus zusammengesetzte Batterie schien mir stärkere Wirkung hervorzubringen, als 30 Platten aus Reiszblei und Zink. Diese Meinung gründe ich vornemlich auf die Stärke der Gasentwickelung aus Wasser, das damit verbunden war. Die Wirkung desselben auf die Geschmacksorgane war auch sehr ausgezeichnet, hingegen gab es keine oder doch äuszerst geringe Erschütterungen, wenn die Kraft durch den ganzen Körper geleitet werden sollte. Um mich aber

[1] [In verkürzter Form findet man einen Teil dieser Abhandlung in ›Nyt Bibliothek for Physik, Medicin og Oeconomie‹ 1. Bd. 2. Hefte p. 288 Kiøbenhavn 1801.]

zu überzeugen, dasz die Grösze des Weges die Wirkung sehr schwäche, und dasz es nicht blos der Feinheit der Haut zuzuschreiben sey, dasz die Zunge und das Angesicht gegen die galvanische Wirkung so sehr empfindlich ist, brachte ich einen Conductor auf jede Seite eines Fingers, und erhielt jetzt auch da das nämliche stechende Gefühl, was ich auf dem Gesichte und im Munde bemerkt hatte.

Eine Batterie von 30 Röhren hatte noch am 14ten Tage nicht zu wirken aufgehört. Eine Röhrenbatterie erhält also ihre Wirksamkeit länger als eine aus Platten. Man braucht nur jeden zweiten oder dritten Tag einige Tropfen Wasser zuzusetzen, um das in Luft verwandelte wieder zu ersetzen. Die sehr vielen andern praktischen Vortheile, die mit dieser Einrichtung verbunden sind, wird ein jeder selbst leicht entdecken. Bleyconductoren sind ohne allen Zweifel den Eisenconductoren vorzuziehen, weil sie wenig oder gar nicht von der verdünnten Schwefelsäure angegriffen werden. Ich werde sie nächstens versuchen. Wenn ich zwischen jede Röhre, statt einer, zwei Conductoren anbrachte, so schien mir die Wirkung verdoppelt zu seyn. Dasz sie weit gröszer war, davon überzeugte ich mich dadurch, dasz die Batterie jetzt durch zwei goldne Dräthe, deren Dicke und Abstand die Batterie mit einzelnen Leitern auf das Wasser durch sie zu wirken nicht erlaubte, eine Gasentwickelung hervorbrachte. Die Wirkung auf die Sinne war auch weit stärker.

Ich lasse mir jetzt ein Instrument zur Messung des Galvanismus verfertigen. Dieses Instrument soll auf zwei verschiedene Arten auf einmal messen. Es beruht nemlich auf zwei verschiedenen Grundsätzen: der erste, dasz, je gröszer der Abstand zwischen zwei Metalldräthen ist, um so viel stärker musz der Galvanismus seyn, der durch sie Luft aus dem Wasser entwickeln soll; der zweite aber, dasz die Menge des aus dem Wasser entwickelten Gasses mit der Stärke der galvanischen Wirkung in Verhältnisz steht, wenn die Umstände übrigens gleich sind. Diesen Grundsätzen zufolge besteht das Instrument aus einer Glasröhre, die mit Wasser gefüllt wird, und auf jedem Ende mit einer Messinghülse verbunden ist. Durch diese Hülsen gehen zwei sehr dünne Golddräthe, die in feinen Glasröhren eingekittet sind. Der eine Drath läszt sich in Leder hin- und herschieben, damit der Abstand nach Belieben vermehrt oder vermindert werden kann. Von dem untern Ende der Röhre steigt eine feine Glasröhre mit enger Oeffnung. Es ist leicht einzusehen, dass das Wasser in dieser Röhre steigen musz, wenn sich in der

gröszeren Luft entwickelt. Eine genaue, mit Figuren begleitete Beschreibung werde ich liefern, sobald ich nur das Instrument aus der Hand des Künstlers erhalte[1]. Wenn dann die Kriegesunruhen, die in diesem Augenblick mich in meinen Arbeiten stöhren, wie ich hoffe, aufgehört haben, werde ich wahrscheinlich eine ziemlich lange Reihe von Versuchen liefern können.

H. K. Oersted.

FORTSATTE FORSØG MED GALVANISMEN AF DR. ØRSTED

(NYT BIBLIOTHEK FOR PHYSIK, MEDICIN OG OECONOMIE. 1. BIND, 3. HEFTE, SIDE 408—410. KJØBENHAVN 1801)

1.

Fortyndet Violsyrup blev bragt i Forbindelse med det galvaniske Batterie, ved Hjelp af tvende Guldtraade, hvis Spidser havde omtrent 2 Tommers Afstand. Efter 5 til 6 Minuters Forløb viste Violsyrupen omkring den negative galvaniske Naal en særdeles kjendelig grøn Farve, omkring den positive derimod, en ej fuldt saa kjendelig rød. Efter nogle Timer vare begge Farver meget mere kjendelige og udbredte: dog var den røde langtfra ikke saa stærk som den grønne, et Fænomen som man kunde forudsee, da den grønne Farve Alkalierne meddele Violsyrupen, har langt mere Intensitet end den røde, som meddeles den ved Syrerne. Da Røret hvori denne saa ulige farvede Syrup indeholdtes, blev lidet omrystet, forsvandt begge Farverne, i det at de forskjellige Dele som besad en af dem derved sammenblandedes. Dette er fuldkommen analogt med det som foregaaer naar man blander en Qvantitet Violsyrup, som er farvet grøn med Alkali, og en anden som har faaet en rød Farve af en dermed proportioneret Mængde Syre, hvilket som bekjendt kommer deraf, at Alkali og Syren mætte hverandre, og hæve hinandens Virkning.

2.

Et Glasrør, som var fyldt med Bomolie, og forsynet med en Guldtraad i hver Ende, blev bragt i den galvaniske Kjæde, uden at

[1] [In einem Briefe von *Ørsted* an *Manthey* 28/4 1801, publiziert 1870, findet man eine kurze von einer Figur begleitete Beschreibung des Apparats. Siehe die Einleitung dieses Werkes.]

man bemærkede nogen Forandring. En liden Glasklokke i hvis øverste var indsmeltet en fin Guldtraad, blev nu fyldt med samme Olie, hvælvet over Vand, og saaledes udsat for Batteriets Virkning, førend man havde udbragt saamegen Olie af Klokken, at Spidsen af Guldtraaden kom til at berøre Vandet. Nu opstod en melkeagtig Skye i Vandet, som snart udbredte sig saaledes, at det lignede Vand hvori man havde slaaet Sæbe til Skum. Denne Virkning vedvarede indtil den nye fremkomne Blanding var bleven saa tyk, at den hindrede Vandets Adgang til Naalen. Det Hele blev nu blandet med destilleret Vand, hvori den fremkomne Masse viser sig fuldkommen opløselig. Ved Omrystning skummede den som Sæbevand, og havde ej heller nogen olieagtig Smag. Den sæbeagtige Masse, som var opløst i en betydelig Mængde destilleret Vand, fik en Tilsætning af Salpetersyre, og hensattes til Afdampning.

UEBERSICHT DER NEUESTEN FORTSCHRITTE DER PHYSIK[1]

(EUROPA. EINE ZEITSCHRIFT. HERAUSGEGEBEN VON FRIEDRICH SCHLEGEL. ERSTEN BANDES ZWEITES STÜCK. P. 20. FRANKFURT A. M. 1803)

Es ist höchst erfreulich, gegenwärtig einen Blick auf die neueste Geschichte der Physik zu werfen. Der rege Eifer, die muthvolle Verachtung wissenschaftlicher Vorurtheile, und der tiefe Sinn für das Höhere, welche zwar nicht alle und nicht die gröszte Menge der Physiker beseelen, die sich aber doch von einigen gröszern Forschern aus in erwärmenden Strahlen über das Ganze verbreiten, zeigt uns den Anfang einer neuen Schöpfung. Vergebens streitet noch die Tendenz zur chaotischen Unform, mit dem Lichte, das sich bildend über das Ganze zu verbreiten anfängt.

Wir werden die wichtigsten Produkte dieses herrlichen Zeitgeistes mitzutheilen suchen. Das Licht ist die Seele der Schöpfung. Der erweiterten Kenntnisz seiner Aeuszerungen gebührt unbezwei-

[1] [In seinem Verzeichnis der literarischen Arbeiten von *H. C. Ørsted* schreibt *J. G. Forchhammer:* »Diese Zusammenstellung ist mit *O.* bezeichnet, und in *H. C. Ørsteds* Aufzeichnungen wird angeführt, dasz er eine solche Uebersicht für *Schlegels* Europa bearbeitet hat, so dasz es kaum einem Zweifel unterliegt, dasz *Ø.* der Verfasser der angeführten Abhandlung ist.]

felt die erste Stelle in der Geschichte der neuesten Fortschritte der Physik. Wir wollen also das, was uns die letzten Jahre davon lehrten, auf die möglichst einfachste Weise erzählen.

Das violette Licht ist unter allen Lichtstrahlen der am meisten desoxydirende; dies hatten uns die Versuche von *Scheele* gelehrt. Das rothe Licht ist mit der grösz ten Erwärmung begleitet, das zeigte uns *Herschel,* und bewiesz zugleich, dasz es neben dem rothen Licht unsichtbare Strahlen giebt, die am meisten die erwärmende Fähigkeit besitzen. Aber diese Entdeckungen standen noch sehr isolirt da, ohne Verbindung mit den übrigen Phänomenen, als *Ritter* entdeckte, dasz auf beiden Seiten des Farbenbildes unsichtbare Strahlen sind; dasz die auf der violetten Seite Desoxydation, die auf der rothen Oxydation verursachen, und dasz die Strahlen um so viel mehr Oxydation befördern, je näher sie dem rothen liegen; um so viel mehr aber Desoxydation befördern, je näher sie dem violetten sind.

Diese grosze Entdeckung ward bald mit einer zweiten vergesellschaftet, nämlich der, über die Wirkung des Galvanismus auf das Auge. Wenn man das Nervennetz des Auges in den positiven[1] Zustand versetzt hat, sieht man alle Gegenstände mit einer rothen Farbe (im Dunkeln) und gröszer, als man sie sonst sieht; hat man es hingegen in den negativen versetzt, so erscheinen alle Gegenstände blau und kleiner als sonst. Wenn wir uns erinnern, dasz der positive Pol der Batterie der oxydirende, der negative der desoxydirende ist, und dasz die blaue Farbe im Farbenbilde dem Violetten am nächsten liegt, so wird uns der Zusammenhang zwischen dieser und der vorigen Entdeckung sehr klar. Oxydation und der rothe Pol des Farbenbildes, Desoxydation und der violette Pol vergesellschaften einander.

Auch über die andern Sinne hat dieser Naturforscher uns Aufklärungen gegeben, die aber bisher noch weniger auffallend befriedigende Resultate gewährten. Dasz der positive Pol einen sauern, der negative einen alkalischen Geschmack auf der Zunge erzeuget, war schon früher bemerkt, dasz aber das positiv

[1] Eigentlich wenn man den negativen Pol einige Zeit lang mit dem Augapfel in Verbindung gehalten hat. Die Flüssigkeit des Auges musz wie jede andre Flüssigkeit polarisiren, und also, wenn sie auf der äuszern Oberfläche negativ wird, auf der innern positiv werden. Diese Erklärung rührt von dem einsichtsvollen Dr. *Reinhold* in Leipzig her, der auch die *Ritter*schen Versuche wiederholt, und vollkommen bestätigt gefunden hat.

galvanisirte Ohr die Töne dumpfer, das negativ galvanisirte höher empfindet, ist eine demselben eigenthümliche Entdeckung. Der negative Pol erweckt einen ammoniakalischen Geruch, der positive scheint den Geruch abzustumpfen. Was das Gefühl betrifft, so hat der Galvanismus einen Wärme- und einen Kältepol, worüber wir nächstens noch mehr Detailaufklärungen erwarten dürfen.

Werfen wir jetzt von hier aus einen Blick auf vorher bekannte Thatsachen, so sehen wir abermals eine Menge Phänomene sich in einen Brennpunkt zusammen drängen. Der positive Pol entwickelt Sauerstoffgas aus dem Wasser, und dieser verwandelt die verbrennlichen Stoffe in Säuren, oder säurenähnliche Stoffe; der negative entwickelt Wasserstoffgas, und dieser ist ein Hauptbestandtheil des einzigen Alkalis, welches wir bisher zerlegen konnten. Dieses giebt über die Wirkung des Galvanismus auf Geschmack und Geruch zugleich Aufklärung, wir brauchen nur in der letzteren Absicht noch zu bemerken, dasz oxydirende Substanzen (wie *gas muriatique oxygéné*) auch den Geruch unterdrücken und Katharre verursachen. Was das Gehör anbelangt, erinnern wir, dasz die Töne einer Flöte nach *Chladny's*[1] Entdeckung in Wasserstoffgas weit höher als in Sauerstoffgas ausfallen.

Eine Hauptentdeckung aber, über die Wirkung des Galvanismus, wird es ewig bleiben, dasz der positive Pol Expansionen, der negative Kontraktion verursachet. Dieses in seiner Natur so einfache, in seiner Anwendung so fruchtbare Gesetz, erklärt uns schon, warum das Auge im positiven Zustande alles gröszer, im negativen alles kleiner sieht. Es würde zu gewagt seyn, in diesem Augenblick alle die wichtigen Folgerungen, die sich aus dieser Entdeckung ziehen lassen, zu bestimmen; wir wollen statt dessen uns nur an zwei untergeordnete Entdeckungen desselben Naturforschers, die zu vielem Nachdenken Veranlassung geben, hier erinnern. Wenn nämlich die Zunge positiv galvanisirt wird (versteht sich anhaltend) so erscheint auf der afficirten Stelle eine Erhöhung, durch den negativen Pol aber wird eine Vertiefung hervorgebracht. Der positive Galvanismus macht den Puls grosz, der negative macht ihn klein. (Man verwechsle hier nicht Geschwind und Langsam, mit Grosz und Klein.)

---

[1] [ɔ: Chladni].

In Verbindung mit diesen Thatsachen steht auch ohne Zweifel, dasz Quecksilber sich durch Galvanisiren in Bewegung setzet, anscheinend wie ein Froschschenkel. In Frankreich hat man gefunden, dasz der fibröse Theil des Blutes sich durch Galvanisiren kontrahirt, und dies als ein *experimentum crucis* ausgegeben, weil es beweist, dasz sich ohne Nerven Kontraktionen zuwege bringen lassen.

Die chemischen Wirkungen des Galvanismus sind schon so bekannt, dasz wir nicht erst den Hauptversuch seiner Wirkung auf das Wasser hier wiederholen dürfen, auch ist die wichtige Folgerung, die *Ritter* darauf gegen die antiphlogistische Theorie vom Wasser zog, sehr bekannt geworden, die Gründe aber sind noch niemals in ihrem ganzen Umfange dargestellt worden.

Wir können zwar auch nicht versprechen, dieses gegenwärtig schon zu leisten; aber wir dürfen allerdings hoffen, der Vollständigkeit, welche zur Ueberzeugung gehört, näher zu kommen, als es bisher noch irgendwo geschehen.

Die Entdeckung, dasz das Wasser in der galvanischen Kette auf der positiven Seite Oxygengas, auf der negativen Hydrogengas giebt, müszte schon auch dem, der nicht gewohnt ist, in einem Hauptversuche eben so viel zu finden, als in hundert Modifikationen desselben, zeigen, wie alle Grundversuche über das Wasser, ohne die antiphlogistische Theorie zu erklären sind. Dasz aber doch die antiphlogistische Theorie noch wahr seyn könnte, damit beschäftigten, und beschäftigen sich noch die meisten, zwar nicht um durch neue und bestimmte Versuche den Streit zu schlichten, aber um ihr skeptisches Talent gegen alle Neuerungen zu beweisen, wobei sie nur vergessen, das Alte eben so skeptisch zu behandeln, ein Verfahren, welches ihr ganzes Wissen in Nichts verwandeln und ihnen nichts als Wahrnehmungen zurücklassen würde. Einige haben doch den bessern Weg eingeschlagen, wobei man aber mehr den guten Willen als den Erfolg loben kann. *Gruner* gehört zu den ersten, welche auftreten, um das antiphlogistische System zu retten, indem er behauptete, dasz er keine Gewichtsabnahme an einer Portion Wasser bemerkt hatte, woraus er mehrere Kubikzoll Luft entwickelt hatte. *Gilbert* zeigte gleich, dasz dieser Versuch nicht zuverläszig war, und *Simon* hat ihn vollkommen falsch befunden. *Fourcroy, Vauquelin* und *Thenard*[1] bestrebten sich, zu zeigen, dasz von dem

[1] [ɔ: Thénard].

positiven zu dem negativen Drathe der Batterie Hydrogen übergehe, indem sie behaupteten, dasz Hornsilber zwischen beide gebracht, sich in der Richtung von dem positiven zu dem negativen schwärzte, d. i. reducirte. *Ritter* hat die darüber angestellten Versuche falsch gefunden, und gezeigt, dasz eben das Umgekehrte vorgeht[1]. Man musz also vermuthen, dasz eine Polarverwechslung bei diesen Chemikern vorgefallen sey. Die Antiphlogistiker sahen sich nach diesen zwei mislungenen Versuchen genöthigt, zu bloszen willkührlichen Annahmen ihre Zuflucht zu nehmen. Dieses haben sie auf zweierlei Weise gethan:

Entweder nehmen sie an, dasz der Theil des Wassers, der Oxygengas giebt, mit Hydrogengas übersättigt zurück bleibt, und hingegen der, welcher Hydrogengas giebt, an Oxygengas ein Uebermaas gewinnt, oder sie glauben, dasz Hydrogen oder Oxygen, oder beides zugleich, von einem Pol zum andern übergeht. Die erste dieser Ausflüchte rührt eigentlich von den englischen Chemikern her, und ist von ihnen ohne Prätension, nur um eine Erklärung zu haben, hingestellt worden; man hat sie erst späterhin gegen *Ritter* brauchen wollen, aber nur mit wenigem Glück. Unter Beobachtung der vollkommensten Reinlichkeit, kann man mit Hülfe von Platinadräthen die Gasarten aus dem Wasser entwickeln, ohne dasz das davon zurückgebliebene im mindesten verändert wird; eine Süroxydation, oder Sürhydrogenation des Wassers könnte aber doch kaum ohne alle Veränderungen der chemischen Verhältnisse desselben abgehen. Wenn man entweder Wasser, das einige vegetabilische oder animalische Theile enthält, nimmt, oder auch vollkommen reines Wasser durch Silberdräthe (wahrscheinlich auch mit andern, die sich leicht verkalken) mit der Säule verbindet, so entsteht auf der Seite, welche Oxygengas giebt, Säure, auf der entgegengesetzten Alkali. Das Wasser also, welches nach dieser Hypothese hydrogenirt werden sollte, ist sauer, und das, welches oxygenirt werden sollte, alkalinisch. Einige sagen, die Unmöglichkeit dieser zwei Zufälle ist ja noch nicht bewiesen worden, und wir wollen uns auch hier nicht bemühen, es zu beweisen; *habeant sibi.* Die Hypothese von der Wanderung des Oxygens oder Hydrogens von einer Seite zur andern, ist auch nicht mit den Thatsachen zu vereinigen. Wenn wir den Hydrogendrath in Schwefelsäure

[1] Der Verfasser dieses Aufsatzes hat diesen Versuch wiederholt, und durchaus *Ritters* Angabe gemäss gefunden.

stellen (versteht sich in geschloszner Kette) so dekomponirt sich die Schwefelsäure, und es fällt Schwefel zu Boden, wenn also Hydrogen von dem einen Pol zum andern ginge, so müszte ja auch die Schwefelsäure dekomponirt werden, wenn wir sie zwischen denselben anbringen, dieses geschieht aber nicht. Wird der Oxygendrath in Schwefelleber-Auflösung gestellt, so dekomponirt sich auch diese, wenn man sie aber in Wasser zwischen beiden Dräthen der Batterie anbringt, geschieht es nicht, also geht auch kein Oxygen von der einen Seite zur andern über.

Wenn es nöthig wäre, könnten noch andre Thatsachen dafür angeführt werden, wir wollen uns aber begnügen, nur noch auf zwei Versuche aufmerksam zu machen.

Der älteste ist von *van Marum*, der nichts als Hydrogengas erhielt, als er das Wasser blosz mit dem negativen elektrischen Konduktor elektrisirte, und den positiven über dasselbe in die Luft angebracht hatte. Der zweite ist von *Hauch*, der die Gasarten aus dem Wasser in einem ganz andern Mengenverhältnisz erhielt, als die antiphlogistische Theorie es erlaubt.

Wer alle diese Momente gründlich zu widerlegen weisz, der ist noch im Stande, das antiphlogistische System zu retten[1].

Ueber die chemische Wirkung des Galvanismus hat *Ritter* weiter entdeckt, dasz die Metalle in Wasser negativ galvanisirt, sich hydrogenisiren, eben sowohl wie sie sich auf der positiven Seite oxydiren. Diese Hydrate können eben so wie die Oxyde in verschiedenen Zuständen seyn.

Dasz die sogenannten Metallvegetationen galvanischen Ursprungs sind, hatte *R.* schon lange vermuthet, und diese Vermuthung in seiner Abhandlung über den Galvanismus in der anorgischen Natur geäuszert. Durch die spätere Entdeckung der Voltaischen Säule sehen wir uns jetzt im Stande, dieses zu beweisen. Durch den negativen Galvanismus haben wir schon viele Metallkalke aus ihren Auflösungen in metallischer Form, und mit den Ramifikationen eines Dianenbaums gefüllt. *R.* hat dieses noch ausgedehnt, indem er gefunden hat, dasz auch der Rusz von einem Talglichte, sich an den negativen Konduktor baumförmig anlegt, an den positiven aber entweder gar nicht regulär, oder mit konglo-

[1] Ein sehr spekulativer Kopf hat mir gesagt, es könnte noch etwas hiebei vorgehen, was wir nicht wüszten. Er hat gewisz Recht, das hat aber der Schwarzkünstler auch, wenn er aus Karten prophezeihet: ›Sie werden nächstens einen Brief bekommen.‹

merirten Formen. Auch hat er auf der Oberfläche von Quecksilber elektrische Figuren durch Galvanismus hervorgebracht.

Dasz der galvanische Prozesz auch auf dem trocknen Wege oxydiren und hydrogenisiren sey[?], ist ebenfalls nicht der Aufmerksamkeit dieses Forschers entgangen. Daher zündet der galvanische Funken nur auf der positiven Seite, schmilzt aber die Metalle auf der negativen.

Ueber das Verhältnisz des Galvanismus zur Elektricität haben wir auch die grösten Aufklärungen von *Ritter* bekommen, doch ist er hierin weniger als in allem übrigen der einzige gewesen. *Volta*, dessen grosze Verdienste man mit Recht überall anerkennt, hat hierin schon vieles geleistet; *Ermann*[1] hat, was diesen Punkt betrifft, auch wahre Verdienste, und *Reinhold* hat ebenfalls hierüber mit Einsicht und Geschicklichkeit Versuche angestellt. Doch hat *R.* fast alles hieher gehörige für sich gefunden, und seine Entdekkungen sind meistens entweder den gleichbenahmten der andern Forscher vorangegangen, oder haben sie begleitet, und überall hat er die Thatsachen mehr erschöpft, als irgend ein andrer, doch musz man *Reinhold* auch in dieser Absicht sehr loben. Nach dieser historischen Bemerkung über die Urheber wollen wir nun die Entdeckungen selbst aufzählen. Die Voltaische Säule zeigt Repulsions- und Attraktionsphänomene, eben so wie die durch Reibung elektrisch gewordnen Körper, und diese richten sich bei beiden ganz nach denselben Gesetzen. Die Voltaische Säule ist auf dem einen Ende positiv, auf dem andern negativ elektrisch, in der Mitte aber ist Gleichgewicht oder Zero. Setzt man den positiven Pol mit der Erde in leitender Verbindung, so verliert die Säule die Attraktions- und Repulsionsphänomene der positiven Elektricität, und die der negativen bleiben zurück. Behandelt man den negativen Pol auf dieselbe Weise, so entsteht eben das umgekehrte, und wenn man beide Pole auf einmal mit der Erde in leitende Verbindung setzet, so verschwinden alle Attraktions- und Repulsionsphänomene, doch hört die Säule darum nicht auf chemisch zu wirken, oder Schläge zu haben. Also sind jene Phänomene, die wir mit *Volta* Spannungs-Phänomene nennen wollen, nicht mit den chemischen unzertrennlich verbunden. Dasselbe wird auch dadurch bestätigt, dasz eine Säule mit Salzwasser und eine andre mit destillirtem Wasser erbaut,

[1] [ɔ: Erman].

gleich starke Spannungs-Phänomene zeigen, aber sehr ungleiche chemische Wirkungen und Schläge geben.

Mehrere Chemiker wollten auch gefunden haben, dasz Platten von groszem Diameter, die sehr starke Funken geben, keine, oder doch nur eine sehr wenig stärkere chemische Wirkung und Schläge geben, als die von kleineren. Das Ganze reducirt sich aber darauf, dasz die Leitung bei groszen Oberflächen weit gröszer ist, als bei kleinen, und dasz daher nur sehr gute Konduktoren alle Kraft durchleiten, geringere aber nicht mehr durchlassen, als eine mäszig hohe Säule von kleinen Platten geben konnte.

Eben so wie die Spannung an beiden Polen der Säule am stärkesten ist, und von da aus bis in die Mitte (wo sie = 0 wird) abnimmt, so hat auch die chemische Wirkung an den Polen ihr Maximum erreicht, und befolgt dasselbe Gesetz der Abnahme wie die Spannung.

Die Geschwindigkeit, womit der galvanische Procesz vor sich geht, beruht auf der Vollkommenheit der Leiter. Eine gewöhnliche, mit Zink, Kupfer und Salzwasser erbaute Säule, ladet eine elektrische Flasche, oder sogar eine grosze elektrische Batterie in einem so kleinen Zeitraum, dasz wir dafür kein Maas besitzen; wenn aber die Pappen gar nicht befeuchtet worden sind, (sondern nur ihre eigne hygrometrische Feuchtigkeit haben) so braucht die Säule mehrere Stunden, um eine Flasche zu laden. Dasselbe wird auch bewerkstelligt, wenn zwischen jede Zink-Kupfer-Schichtung, statt einer einfachen nassen Pappe, eine auf beiden Seiten mit nasser Pappe belegte Glasscheibe gebracht wird. Chemische Wirkung ward bei solchen Batterien nicht bemerkt.

Aus diesen Thatsachen sehen wir, dasz die chemische Wirkung eine weit vollkommenere Leitung voraussetzt, als die Spannung, und dasz diese durch Vervollkommnung der Leitung nicht erhöht wird, wie jene. Uebrigens sehen wir aber beide Funktionen eben sowohl in der Elektricität, als im Galvanismus vorkommen, und zwar in Verhältnissen, die willkührlich abgeändert werden können.

Die Funktion des Funkengebens hält auch nicht gleiche Schritte mit den übrigen, denn einerseits wird sie stärker in dem Grade wie die Leitung vollkommner wird, auf der andern Seite aber wird sie erstaunend geschwächt, ja gehoben, wenn die Isolation unvollkom-

men ist, also zeigt sie auch eine Fähigkeit schlechten Leitern zu folgen. Am leichtesten liesze sich dies erklären, wenn man annehmen dürfte, dasz diese Funktion ein Produkt der beiden andern sey, indem sie die Bedingungen beider voraussetzt. Dasz diese Funktion auch der Elektricität und dem Galvanismus gemeinschaftlich sey, ist bekannt genug.

Die vierte Funktion der Elektricität und des Galvanismus ist die Wirkung auf den thierischen Körper, die, so mannichfaltig sie sich auch äuszert, doch auf den Schlag zurück geführt werden kann. Der elektrische Schlag wird gewöhnlich mit trocknen Händen genommen, der galvanische mit nassen. Dieser Unterschied der Leiter macht, dasz man einen Unterschied zwischen den elektrischen und galvanischen Schlägen zu bemerken glaubte, ohne dasz wirklick einer vorhanden wäre. Man nehme den Schlag einer sehr schwach geladenen Leidener Flasche mit nassen Händen, und man wird gar keinen Unterschied zwischen diesem und einem galvanischen [bemerken], oder umgekehrt, man nehme den galvanischen einer sehr groszen Säule (oder mehrerer Säulen) mit trocknen Händen, und man wird dasselbe Gefühl, wie bei den elektrischen Schlägen, erhalten. Ob diese Funktion mit der chemischen eins sey, ist noch nicht ausgemacht.

Nach dieser Aufzählung der Phänomene des Galvanismus möchte es wohl etwas spät scheinen auf die Bedingungen des Galvanismus zurück zu kommen, und wirklich würden wir mit dieser angefangen haben, wenn wir hierüber etwas vollständiges liefern könnten, oder auch nur alles, selbst das Bekanntere mit einflieszen lassen wollten; jetzt aber, da wir blosz auf einige merkwürdige, und noch weniger beachtete Thatsachen aufmerksam machen wollen, können wir es auch hier willkürlich anknüpfen.

Die gewöhnliche Weise, Galvanismus hervorzubringen durch zwei feste leitende Körper von verschiedener Brennbarkeit, und einem flüssigen Leiter, ist nicht die einzige, man kann eben sowohl aus zwei flüssigen und einem festen Ketten konstruiren; *Davy* hat aus solchen ganze Batterien erbaut; ob man aber aus drei flüssigen so wenig wie aus drei festen eine Kette konstruiren könne, ist noch nicht ganz ausgemacht; die Hervorbringung der Salpeter-Naphta aus einer Lage Salpetersäure, einer Lage Wasser, und einer Lage Alkohol scheint etwas dergleichen anzudeuten, wie *Oersted*

bemerkt hat. Es wäre aber sehr wichtig für die Theorie des Galvanismus, dieses auszumachen.

Das reine Wasser, als flüssiger Leiter in der Batterie, giebt sehr schwache Wirkung, wenn es aber andre Substanzen aufgelöst enthält, geht die Wirkung weit vollkommner vor sich. *Ritter* hat die allgemeine Bemerkung gemacht, dasz die flüssigen Leiter in eben dem Grade besser leiten, wie sie zusammengesetzter sind, doch ist dieses natürlicherweise nur von Zusammensetzungen in jeder chemischen Klasse zu verstehen; denn die Säuren verstärken die Leitung mehr als die Salze, wie *Oersted* und *Davy* zuerst zu gleicher Zeit gefunden haben. Hieraus darf man aber nicht schlieszen, dasz die Oxydation durch Säuren dieses verursacht, indem die Alkalien auch die Leitungsfähigkeit des Wassers sehr vergröszern.

Oersted bemerkte zuerst, dasz die Säule auch in der durch Auspumpen verdünnten Luft fortwirke. Dieses ist zwar von *Pfaff* widersprochen worden; *Pfaff* hat aber selbst bei *van Marum* Gelegenheit gehabt, sich von seinem Irrthume zu überzeugen; doch ist zu bemerken, dasz auch dieser Naturforscher ein Aufhören der Wirkung in der verdünnten Luft bemerkte, wovon er keinen Grund entdecken konnte. Wer gewohnt ist, galvanische Versuche anzustellen, wird sich nicht hierüber wundern, da die Säule auch oft in der gewöhnlichen Atmosphäre anfängt schwächer zu wirken, und sogar ganz aufhört, wozu man denn oft nach mühsamer Untersuchung einen sehr unbedeutenden mechanischen Grund findet. Doch verdienten unläugbar diese Versuche wiederholt zu werden. Die Versuche, worin man keine Wirkung der Säule in irrespirablen Gasarten entdeckte, sind auch nicht mit genug Sorgfalt angestellt worden, indem man die Säulen erst durch Wasser brachte, und müssen ebenfalls wiederholt werden.

Ritter hat die merkwürdige Entdeckung gemacht, dasz die Metalle durch Erwärmung sich den Oxydableren mehr nähern, so dasz z. B. ein Stück erwärmter Zink und ein Stück von einer geringeren Temperatur an einem Frosch galvanische Zuckungen verursachen, und zwar so, dasz die stärkern Zuckungen auf der Seite des erwärmteren Metalls fallen. Die Veranlassungen zum Irthum wurden vermieden.

Für die Leitung homogener Substanzen hat derselbe das Gesetz gefunden, dasz bei cylindrischen Konduktoren, die Leitung sich verhalte gerade zu wie die Durchmesser der

Grundflächen, und umgekehrt, wie die Längen derselben. Von den vielen Anwendungen jenes Gesetzes, sieht man schon einige sehr wichtige, in seinen Beiträgen zur nähern Kenntnisz des Galvanismus, 1. B. 4. St. Auch hat er gefunden, dasz derselbe Körper weit besser leitet, wenn er gerade ist, als wenn er gekrümmt wird, und man kann einen Eisendrath, der sehr gut leitet, fast zum Isolator machen, wenn man ihn im Zickzack biegt.

Die Kenntnisz des Magnetismus hat ebenfalls unter *Ritters* Händen grosze Fortschritte gemacht. Die Attraktions- und Repulsions-Phänomene, die der Magnetismus mit der Elektricität gemein hat; die Wirkungen der Luftelektricität auf Stahl &c. &c. hatten schon früher die Physiker auf die Verwandschaft dieser zwei Wirkungen aufmerksam gemacht; *R.* hat aber diese weit genauer dargethan. Wenn ein Eisendrath magnetisirt worden ist, so zeigt der Südpol mehr Affinität zum Sauerstoff, als der Nordpol. Diese Thatsache hat er durch viele sehr genaue Versuche dargethan. Auch verursacht der Magnet Zuckungen bei Fröschen, wobei der Südpol die Rolle des Zinks, der Nordpol die des Silbers spielet. Wenn wir also die Lichthervorbringung ausnehmen, die aber gewisz noch zu entdecken ist, und vielleicht in den Nordlichtern aufgewiesen werden könnte, finden wir alle Funktionen der Elektricität im Magnetismus wieder. Doch sind sie in dem Magneten auf eine ganz andre Weise, indem sie nicht so leicht aus demselben hervorgelockt werden können.

In dem, was wir bisher gesehen haben, hatte fast alles einen gleichen Grad von Gewiszheit, weil die meisten Thatsachen von mehreren beobachtet und bestätigt waren, und weil die, mit welchen dieses nicht der Fall war, sowohl durch die Vollständigkeit, womit sie dargestellt worden waren, als durch die bewährte Beobachtungsgabe ihrer Entdecker die vollkommenste Glaubwürdigkeit erhielten. Das, was wir jetzt vortragen wollen, hat noch nicht diese vollkommne Autorität; keinesweges weil wir an der Glaubwürdigkeit des Entdeckers zu zweifeln Grund hätten, wir müssen ihm im Gegentheil alle Kennzeichen der Warheitsliebe zugestehen, aber die Form, welche er für die Bekanntmachung seiner Entdeckungen wählte, hat es ihm nicht erlaubt, jeden Versuch einzeln so darzustellen, dasz wir durch das blosze Lesen seiner Schriften dahin gebracht werden könnten, diesen so sicher für Täuschungen zu halten, als jene vorhin aufgezählten Entdeckungen. Uebrigens wer-

den wir, wenn wir erst einen Blick auf das Ganze geworfen haben, selbst nach dieser Betrachtung gestehen müssen, dasz er viele vortrefliche Blicke in die Natur gethan hat. Dasz wir hier von *Winterle*[1], und dessen *Prolusiones in chemiam seculi decimi noni* sprechen, wird mancher wohl schon errathen haben. Wir wollen hier die bisher bekannt gewordnen Hauptsätze seines Systems aufstellen, ohne uns an seine Ordnung zu binden, und auch ohne uns ganz mit seinen Beweisen zu begnügen, wo wir nämlich noch andre hinzufügen können.

Der Hauptsatz ist: Die Ursache der Wärme ist das Produkt der zwei elektrischen Principien. Durch das Reiben zweier heterogener Körper, worunter der eine mit der Erde verbunden ist, werden diese Principien so vertheilt, dasz der eine +, der andre – erhält. Ohne die wichtige Bemerkung, dasz Friktionen zwischen homogenen Körpern (wo also kein Grund zur Vertheilung da war) Wärme, und nicht Elektricität hervorbringt, zu Hülfe zu nehmen, brauchen wir uns nur zu erinnern, dasz eine etwas verzögerte (man unterscheide das wohl von einer gehemmten) Zusammenleitung der beiden Elektricitäten eine sehr starke Wärme hervorbringt. So z. B. wenn man die Pole einer starken elektrischen Säule, mittelst eines sehr dünnen Eisendrathes, mit einander in Verbindung setzt, so erwärmt sich dieser bis auf den Grad, dasz er Wasser zum Kochen bringen kann, ja er ist zuletzt im Stande, selbst zu schmelzen.

Ohnedem wird dieses auch dadurch bewiesen, dasz die Verbindung der Säuren, besonders der stärkern, mit den Alkalien eine beträchtliche Erwärmung verursachet. Die Acidität aber und Alkalität, die bei dieser Gelegenheit verschmelzen und aufgehoben werden, scheinen von den Elektricitäts-Principien herzurühren, worauf schon der, durch die Elektricität hervorgebrachte Geschmack leitet, und welches die Acidität und Alkalität des elektrisirten Wassers noch mehr bestätigt.

Wenn aber die Acidität und Alkalität von + und – herrühren, so läszt es sich leicht einsehen, dasz diese zwei Qualitäten sich einander wechselseitig aufheben müssen. Dies geschieht aber auch, wenn ein Alkali mit einer Säure Verbindung eingeht, und wir benennen dieses Neutralisation. In einem Neutralsalze sind also

[1] [ɔ: Winterl].

Säure und Alkali abgestumpft, und die Ursache, warum wir sie nicht als solche darstellen, wenn wir sie wieder von einander trennen, ist die, dasz wir gewöhnlich solche Mittel dazu anwenden, welche die verlohren gegangne Qualität der ausgeschiedenen Substanz wieder herstellen. So z. B. wenn man schweflichte Säure aus ihrer Verbindung mit Pottasche, durch Schwefelsäure austreibt, so giebt diese so viel Säureprincip (+ E.) an jene, dasz sie ihre verlohrne Acidität wieder erhält. Die Schwefelsäure selbst geht aber in den abgestumpften Zustand über. Wenn man aber statt dessen eine Auflösung der schweflicht-sauern Pottasche einer Destillation unterwirft, so wird sich die schweflichte Säure abtrennen, ohne ihr Säureprincip wieder zu erhalten. In diesem Zustande hat sie weder den scharfen Geruch noch Geschmack der gewöhnlichen schweflichten Säure, noch reagirt sie so stark auf die Pflanzensäfte; sie ist auch im Wasser mehr auflösbar geworden, und nimmt ein gröszeres Volumen ein. Dieses alles ist auch der Fall mit den übrigen flüchtigen Säuren, die sich nicht im Feuer dekomponiren. Salpetersäure und mehr andre lassen sich nicht durch die blosze Wärme aus ihren Salzen heraustreiben, ohne sich zu zerlegen. Das gasartige Gemisch, welches man dabei erhält, ist sehr viel weniger sauer, als die Säure selbst. Es mangelt aber dem Gemisch aus Azote und Oxygengas, welches man aus der Salpetersäure erhält, nichts, als elektrisirt zu werden, um alles das wieder zu erhalten, was es verlohren hatte, und wieder in Säure sich zu verwandeln.

Mit je mehr Alkali eine Säure verbunden wird, je mehr verliert sie von ihrer Acidität; und wenn man dieses sehr weit treibt, zersetzen sich oft die Säuren, die sonst im Feuer sich nicht zersetzen.

Durch Glühhitze (vermuthlich Rothglühhitze) erhalten die abgestumpften Säuren ihre Integrität wieder, woraus denn zu schlieszen ist, dasz hier das Säureprincip zu suchen sey. Man vergleiche hiermit *Ritters* Entdeckungen über das Licht.

Die Alkalien werden ebenfalls durch die Säuren abgestumpft, es ist aber schwer, sie so darzustellen, weil sie sich selbst in der dunkeln Wärme wieder herzustellen scheinen. Man kann aber die Pottasche dadurch abstumpfen, dasz man Salpeter mit Magnesium glüht, wodurch dieses Metall in eine Säure verwandelt wird, mit welcher nun die abgestumpfte Pottasche verbunden ist. Man trennt diese davon, indem man die Auflösung mit Zink in Berührung

setzt, dieses zerlegt die Magnesium-Säure und die fade (abgestumpfte) Pottasche bleibt in der Auflösung zurück. Die andern alkalischen Substanzen lassen sich durch die fade Pottasche abstumpfen. Man hat auch hierzu andre Methoden, auf deren Detaillirung wir uns aber hier nicht einlassen können. Die Alkalien werden durch ihre Abstumpfung auch flüchtiger, so dasz z. B. Pottasche sich mit Wasser überdestilliren läszt, und weniger auflösbar im Wasser ist.

Der sogenannte Sauerstoff der Antiphlogistiker ist also nicht das Säureprincip, sondern das Sauerstoffgas ist selbst eine Säure, und kann hyperoxydirt, und desoxydirt werden. Das reine Sauerstoffgas, welches man aus den Metallkalken durch Glühen entwickelt, ist hyperoxydirt, so wie es sich aber in der atmosphärischen Luft befindet, ist es dieses nicht, in dem sogenannten gasförmigen Stickstoffoxyd ist der Sauerstoff halb desoxydirt, und man kann dieses Gas noch vollkommner desoxydiren, wenn man es über glühendes Eisen treibt; es wird dadurch so sehr seiner verbrennungunterhaltenden Eigenschaft beraubt, dasz man es nur dadurch von dem Stickgas unterscheidet, dasz es mit Hydrogengas verpuffen kann. Dasz übrigens das Sauerstoffgas eine Säure von einer ganz eignen Art sey, versteht sich von selbst. Es unterscheidet sich von den übrigen Säuren dadurch, dasz es sein Säureprincip fester hält, und eben dadurch weniger geneigt ist, sich mit den Alkalien zu verbinden, wogegen es mit den andern Säuren leicht Synsomatie (so nennt *Winterle* die Verbindung homogener Materien) eingeht.

Den Begriff Säure nimmt *Winterle* überhaupt in einem viel weitern Sinn, als man ihn sonst gewöhnlich genommen hat. Er glaubt sich dadurch dazu berechtigt, weil die bisherige Bestimmung desselben zu schwankend war, um etwas festes darauf zu bauen. Man giebt mehrere Charaktere der Acidität an, aber kein einziger ist den Säuren ausschlieszend eigen, es ist also nichts im Wege, dasz alle diese unwesentlichen Beschaffenheiten bei einer Materie sich fänden, ohne dasz diese doch eine Säure wäre. Die Röthung gewisser Pflanzensäfte durch Säure, so wie die grüne Farbe, die sie durch Alkalien erhält, ist nicht konstant genug, um darauf einen wesentlichen Charakter zu bauen. Ohnedem wird man sich gewisz nicht überreden können, dasz diese Eigenschaft das Wesen der Säuren sey, wenn dieses aber nicht angenommen werden kann, liesze es sich ja sehr wohl denken, dasz eine Materie mit dem We-

sen einer Säure Unauflösbarkeit im Wasser verbände. In diesem Fall könnte sie aber Pflanzensäfte nicht röthen. Dieses läszt sich auch auf jedes Urtheil des Geschmacks hierüber anwenden. Selbst die Neutralisation der Säuren durch Basen (so nennt *Winterle* alles, was ein Alkali ist, oder die Stelle eines Alkalis, in Rücksicht auf die Säuren, vertritt,) und der Basen durch Säuren läszt sich nicht mit Sicherheit anwenden; denn wenn auch die Tendenz zur Vereinigung da ist, so hat diese doch mit mannichfaltigen andern Kräften zu streiten, und wenn diese stark genug sind, wird die Wirkung nicht erfolgen. Ueber die Kräfte, welche die Verbindungen zu verhindern streben, findet man in *Berthollets Recherches sur les loix des affinités chimiques* viele Aufklärungen.

Phosphor und Schwefel werden zu den Säuren gerechnet. Die Metalle im allgemeinen zu den Basen, doch nähert sich Gold und Platina den Säuren sehr.

Schwefel ist eine abgestumpfte Säure. Wir haben schon vorher gesehen, dasz die Säuren durch ihre Abstumpfung oft zerlegt werden. So scheint es auch mit dem Schwefel ergangen zu seyn. Es ist wahrscheinlich vorher nur der eine Theil einer vollständigen Säure gewesen, und es mangelt ihm der andre, um seine Integrität wieder zu erhalten. Diesen mangelnden Theil finden wir in dem Wasserstoffe; mit diesem verbunden erhält der Schwefel seine volle Integrität als Säure wieder, und die Schwierigkeit, dasz die Verbindung des Schwefels mit einer der Oxydation entgegenstrebenden Substanz eine Säure erzeugt, ist damit gehoben.

Die Kohlensäure wird auch durch Beraubung ihres Säureprincips zerlegt. Durch Erwärmung und sogar Glühung des kohlensauren Kalkes wird nur der eine Theil eine unvollständige Kohlensäure, die zwar das Kalkwasser trübt, aber das Präcipitat nicht wieder aufzulösen vermag, ausgetrieben, und der andre Theil bleibt in dem kaustischen Kalke zurück. Wenn das Glühen so weit getrieben wird, dasz auch dieser Theil ihn verläszt, hat er auch seine Kausticität verlohren, aber darum eben nicht seine Integrität als Basis; diese ist davon ganz unabhängig. Dieser Theil der Kohlensäure ist ebenfalls die Ursache der Kausticität der andern Basen, und verdient daher den Namen Kausticitätsprincip. Wenn man durch Erhitzung die Säure von dem salpetersauren Baryt vollkommen getrennt hat, so bleibt dieser zugleich fade, und seiner Kausticität beraubt zurück. Der Baryt hat aber mehr Affinität zum

Kausticitätsprincip, als die Pottasche, weniger hingegen zu dem Princip der Acidität, und solchergestalt kann man eine kaustische Pottasche milde machen, ohne sie entweder mit Kohlensäure zu sättigen, oder fade zu machen. Wir können uns in das Ganze, den Chemikern sehr interessante Detail hier nicht einlassen, wir müssen nur bemerken, dasz der dem kaustischen Kalk anhängende Theil der Kohlensäure, durch die Salpetersäure ausgetrieben werden kann, und sich als ein Gas darstellt, welches die Verbrennung eines Lichtes fast wie Lebensluft unterhält, sich aber durch Berührung mit der atmosphärischen Luft, mit Salpetersäure &c. in Kohlensäure redintegrirt.

Dieses sind die Hauptsätze der ersten Prolusion der *Winterle*schen Schrift. Das unendlich reiche Detail müssen wir hier der Kürze wegen übergehen. Ein vergleichender Blick auf diese, und die galvanischen Entdeckungen, läszt uns eine auffallende Aehnlichkeit ihrer Resultate, die doch auf so verschiedenen Wegen gefunden sind, bemerken. Zwar musz die Vergleichung mit einer Verschiedenheit anfangen; denn *Ritters* Entdeckungen, die dort die Hauptrolle spielen, setzen das Licht da, wo *Winterle* die Wärme hingestellt zu haben scheint. Wir brauchen aber kaum darum anzunehmen, dasz einer unter diesen vortreflichen Forschern sich getäuscht habe; es ist sehr wahrscheinlich, (um nicht mehr zu sagen) dasz Licht und Wärme, Resultate derselben Principien sind. *Winterle* hält das Princip der Wärme für materiell und gewichtig, und führt dafür an, dasz der elektrische Funke allezeit von oben nach unten fährt, man stelle den positiven oder negativen Konduktor oben. Diese Materialität läszt sich durch keine blosze Philosophie abweisen, denn wenn diese auch irgend ein immaterielles Princip *a priori* bewiesen hätte, wäre doch dadurch gar nicht ausgemacht, dasz eben die Phänomene der Wärme, des Lichts &c. daher rührten, sondern dies müszte noch der experimentalen Untersuchung überlassen werden. Man nehme diese Bemerkung für keine Vertheidigung der Materialität des Wärmeprincips, sondern nur für eine nothwendige Bemerkung über die Bedingungen dieser Streitfrage.

Der Zusammenhang zwischen Magnetismus und Elektricität ist von *Winterle* nicht übersehen worden. Er sucht in verschiedenen Fragen hierauf aufmerksam zu machen, dasz die verschiedenen Temperaturen der Erdzonen und der Jahreszeiten, wie auch die

feurigen Meteore daraus erklärt werden können. Endlich frägt er auch, ob das Licht als allgemeine Ursache des Magnetismus angesehen werden könne? Die Schwere leitet er gleichfalls aus dem Magnetismus ab.

Die Schwäche der heutigen Chemie ist unbezweifelt der Kohlenstoff und Stickstoff; zwei Stoffe, die fast eben so inkomponibel als indekomponibel schienen, und nur mit dem Sauerstoff und Wasserstoff einige Verbindungen eingehen konnten, während sie allem wechselseitigen Vereine widerstrebten. *Winterle* scheint es geglückt, diese Schwierigkeit zu heben. Kohlenstoff und Stickstoff sind nicht entgegengesetzte chemische Elemente, sondern Verbindungen eines und desselben Elementes mit Oxygen, nur dasz im Kohlenstoff das Princip der Acidität, im Stickstoff aber das der Basicität wesentlich sind. Dieses neue Element wird Andronia genannt (im Gegensatz eines andern, entgegengesetzter Natur, der Thelyke). Es ist saurer Natur, von gelatineuser Konsistenz, im Wasser unauflösbar, mit den Basen (Ammoniak ausgenommen) vereinbar, geht mit den Säuren Synsomatien ein, und verbindet sich auch mit den Metallkalken, welche es durch Glühen reducirt, wodurch es selbst in Azote oder Kohlensäuregas verwandelt wird; die Kohle enthält sehr viel Andronia, und die Asche, welche nach dessen Verbrennung zurückbleibt, ebenfalls. Die daraus gezogene Pottasche ist daher sehr mit Andronia geschwängert, und man kann sie durch eigne Handgriffe daraus scheiden.

Die Andronia löszt sich in Schwefelsäure auf, und theilt dieser die Eigenschaft mit, alle Metalle, Gold und Platina nicht ausgenommen, aufzulösen. Diese andronisirte Schwefelsäure ist so sehr mit den Metallen verwandt, dasz die Erdarten und Alkalien jenen weichen müssen. Sie wird daher Metallophilsäure genannt. Diese Säure hat auch mehr Affinität zu den Erdarten, als zu den Alkalien. Die Schwefelsäure, die aus dem Eisen erhalten wird, ist daher frei von Andronia, denn das Eisen hält dieses fest, und der Rückstand dieser Destillation ist ein *Androniate d'oxide de fer*. Die Schwefelsäure aber, die durch das Verbrennen des Schwefels bereitet wird, ist nie frei von Andronia, denn der gemeine Schwefel enthält dieses Element. Mit der Salzsäure und mehrern andern Säuren, verbindet sich die Andronia auch, und bildet damit eigne Säuren. Dasz Andronia die Basis der Salpetersäure sey, versteht sich von selbst.

Andronia mit Pottasche geglüht, verwandelt sich zum Theil in

Kiesel, und daher wäre mancher Kieselgehalt, den man in den Mineralien gefunden zu haben glaubt, vielleicht nur Produkt des Glühens des Minerals mit Pottasche. Dasz alle andre Erdarten auch Andronia enthalten, ist aus dem Zusammenhange des Ganzen klar, obgleich noch nicht erwiesen.

Dasz alle vegetabilische und animalische Theile Andronia enthalten, dasz Stahl ein *Androniate de fer* sey, und vieles dergleichen, können wir als leichte Folgerungen aus dem Vorhergehenden übergehen. Andronia bildet mit Blei, Barytmetall, und dieses verkalket, ist Baryterde. *Winterle* stellt diese Substanz synthetisch dar, indem er eine Bleyauflösung in Salpetersäure mit andronisirter Pottasche präcipitirt. Das Präcipitat löszt sich in Salpetersäure auf, und krystallisirt damit in Würfeln, die keinen süszen Geschmack haben. Es entreiszt der schwefelsauern Pottasche ihre Säure, mit Rusz geglüht reducirt es sich nicht, sondern hinterläszt nur eine metallische Kohle, und giebt endlich in Wasser aufgelöszt mit dem Zinke ein metallisches Präcipitat, welches sich nicht wie Blei verhält.

Mit Kupfer bildet die Andronia Molybdän. Die Andronia ist noch von mehreren Metallen ein Bestandtheil. Dahin gehören Zinn und Bley. Daher ist es begreiflich warum *Hauch* als er Wasserdämpfe über diese Metalle (im glühenden Zustande) trieb, ein Gemisch aus ohngefähr 36 Theile Oxygengas, und 64 Theile Azotgas enthielt.

Wenn man in dieser sehr kurzen Darstellung von *Winterls* Hauptideen nicht die Vollständigkeit eines Systems findet, aber doch einen herrlichen Anfang eines Ganzen entdeckt, so wird man sich freuen zu hören, dass *Winterl* bald die Fortsetzung dieser Entdeckungen liefern wird, worin wir schon aus der Inhaltsanzeige erwarten können das zu finden, was wir hier vermissen. Für die, welche nicht mit Leichtigkeit die Resultate verwickelter chemischer Untersuchungen aus einem lateinischen Vortrage, wie *Winterl's* (welcher ohnedem fast überall die alte chemische Terminologie braucht) herauszufinden verstehen, ist schon durch eine Darstellung gesorgt worden, welche der Anzeigen zufolge, nächstens herauskommen wird, und den Anfang einer Schrift zur Untersuchung von *Winterls* System machen soll. Der Titel ist: Materialien zu einer Chemie des neunzehnten Jahrhunderts, von D. *Johann Christian Oersted.* 1. Stück.

Die Lehre von den chemischen Affinitäten, an der so viele tüch-

tige Männer ihre Kraft verschwendet hatten, ohne mehr als eine Anhäufung von Thatsachen zu Wege zu bringen, hat jetzt durch die Bemühungen des scharfsinnigen *Berthollet* einen groszen Schritt vorwärts gethan. Es war hier wie gewöhnlich immer so gegangen, dasz man den alten Sandgrund zu sehr geschont hatte, und darum kein festes Gebäude zu Stande bringen konnte. *Berthollet* fängt damit an, das Alte von Grunde aus zu zerstören, und rechtfertigt diese Kühnheit vollkommen, durch das, was er wieder dafür hinstellt.

Bisher hielt man es für ausgemacht, dasz wenn ein Gemisch aus mehreren Stoffen A, B, C, &c. zusammengesetzt ist, und C zu A mehr Affinität hat als zu B, er sich dann mit diesem A vereinigen und B gänzlich leer ausgehen müsse. Dieses ist ein Grundfehler; es geht eine Vertheilung vor, wobei B einen so groszen Theil von C aufnimmt, wie die Intensität seiner Verwandschaft es erfordert. Wenn A z. B. zehnmahl mehr Intensität seiner Affinität zu C hätte, als B, so wird B nur einen zehnten Theil von C erhalten, (wie andre Betrachtungen dies modifiziren, werden wir gleich sehen) dasz dieses so seyn müsse sieht man leicht ein, wenn man sich erinnert, dasz B eben so wohl Anziehung gegen C hat, als A, obgleich weniger, und dasz C keine mechanische Einheit ist, sondern getheilt werden kann: Wie kann man denn anders als annehmen, dasz C sich zwischen A und B in Verhältnisz der anziehenden Kräfte vertheilen müsse? Die Wirkungen der Affinitäten sind im zusammengesetzten Verhältnisse der Intensitäten und Massen. Das was eine Menge = 1 nicht ausrichten konnte, ist eine Menge = 2 oft auszurichten im Stande, u. s. w. Hierauf hat man in der Chemie vorher gar keine Rücksicht genommen, obgleich man Beispiele davon hatte, die man sich aber anders zu erklären bemühte. Die bisherige Vorstellung von Saturation als wenn die Affinitäten in sich eine Grenze hätten (durch einen gewissen Grad befriedigt werden könnten) gründet sich auf mangelhafte Kenntnisz. Es giebt sehr viele andre Kräfte welche die Affinitäten begrenzen, z. B. die Cohäsion, die Tendenz zur Krystallisation, die Tendenz zur Lichtform u. s. w. Je mehr von einem gewissen Salze z. B. in einer Quantität Wasser aufgelöst ist, je gröszer ist die Tendenz zur Krystallisation, und zuletzt wird diese Tendenz zur Festigkeit so grosz, dasz das Wasser nicht mehr die Cohäsion des Salzes überwinden kann. Hingegen ist die Auflösung nun oft

im Stande ein anderes Salz aufzulösen, wegen der Affinität des aufgelösten Salzes zu dem aufzulösenden, wodurch gewöhnlich ihre Cohäsion vermindert wird.

Die Unauflösbarkeit, die als Widerstreben des Flüssigwerdens zu betrachten ist, verändert auch sehr oft die Affinitäten. Darum reiszt der Baryt die Schwefelsäure so sehr an sich, und bildet damit ein sehr schwer auflösbares Salz; dasz aber die Affinität zwischen diesen zweien Stoffen nicht eine Grösze sey, die von keiner einfachen Verwandschaft überwunden werden kann, sieht man daraus, dasz wenn man schwefelsauren Baryt mit einer groszen Quantität von kaustischer Pottasche kocht, diese etwas Schwefelsäure an sich reiszt, und man etwas kaustischen Baryt erhält.

Man hat sehr oft die Wirkungen dieser Renitenz gegen das Flüssigwerden für Wirkungen chemischer Attraktionen genommen. So z. B. glaubte man, dasz die Pottasche mehr Neigung habe, sich mit viel als mit wenig Weinsteinsäure zu verbinden, es ist aber nichts weiter als die gröszere Unauflösbarkeit der säuerlichen, weinsteinsauren Pottasche (*Cremor tartari*) die dieses bestimmt.

Die Wärme verändert die Affinitäten nicht, wie man bisher wähnte, sondern modificirt nur die Umstände, welche die Affinitäten stören. Wenn unter zwei Körpern der eine flüssig, der andre gasförmig ist, so vermindert die Wärme die Affinität des Tropfbaren zu der Luft, weil sie die Expansion der letzten, also ihr Widerstreben gegen die Liquidität vermehrt, hingegen löst die erwärmte Luft mehr von dem Tropfbaren auf, als wenn sie kalt ist; weil die Expansion desselben dadurch gröszer geworden, sie also mehr mit der Luft assimilirt ist. Wenn der eine Körper fest, der andre hingegen flüssig ist, so wird die Auflösbarkeit des festen dabei vermehrt, weil die Wärme der Cohäsion zuwider ist.

Dies ist blosz eine Darstellung der Grundgesetze der Affinitäten, welche *Berthollet* entdeckt hat, die Anwendung bietet sich im reichsten Maasze dar; ein Theil davon findet sich schon in seinen *Recherches sur les loix des affinités*, und weit mehr haben wir noch in seiner Chemischen Statik, welche nächstens herauskommen wird, zu erwarten.

O.

MATERIALIEN

ZU EINER

CHEMIE

DES

NEUNZEHENTEN JAHRHUNDERTS.

HERAUSGEGEBEN

VON

D. JOHANN CHRISTIAN OERSTED.

ERSTES STÜCK.

REGENSBURG, 1803.

IN DER MONTAG- UND WEISZISCHEN BUCHHANDLUNG.

Si quaedam L. B. non sunt ad tuum palatum, unicum de rogo, ne per denegatam experimentis fidem nodum rescindas. — — — — Par est scriptoribus fidem addiscere, donec adverso experimento es de contrario convictus.

WINTERL in praefatione prolusionum p. VII.

VORREDE

Das chemische System, das vor wenig Jahren, nach vielem Streit, also auch nach vieler Prüfung, fast von ganz Europa, als eine Sammlung von vollkommen bestätigten Thatsachen, als eine Verkettung auf die genauesten Untersuchungen gegründeter Sätze, anerkannt ward, fängt schon, seit den Entdeckungen durch *Volta's* Säule, an, wieder zu schwanken. Ein muthvoller und gründlicher Forscher hat es schon ausgesprochen, die bedächtlichen Untersuchenden zweifeln wenigstens,[1] und nur die lethargische Indolenz glaubt noch, dasz ihr Gebäude unerschüttert auf den alten Pfeilern ruht. Es ist schon ein groszer Schritt gethan, und die folgenden lassen sich ahnen; wir haben schon einige glänzende Resultate gesehen, und andre scheinen aus dem Dunkel ihrer Einkleidung schon hervor, aber vieles wird noch auf mühsamen Wegen aufzusuchen seyn, und das ausgeführte Ganze, erst nach langer Arbeit, in seinem vollen Glanz, entschleiert dastehen.

Aber es führen mehrere Wege zum Heiligthum der Natur, und ein anderer Forscher bietet uns aus einem fernen Lande ein neues Licht an. Der eine scheint dem andern auf dem Wege begegnen zu wollen, und ihr freundschaftlicher Verein wird uns bald einen Weg bahnen, den wir auszerdem nur nach vieler und langer Anstrengung hätten betreten können. Indem jener die Natur, in den Phänomenen, wo sie uns ihre Gesetze am unmittelbarsten ausspricht, beobachtete, entdeckte dieser, in den verwickelten Vorgängen der chemischen Werkstätte, Aeusserungen

---

[1] Mehrere gründliche Chemisten, und fast alle die, welche sich mit den Wasserversuchen bey der Voltaischen Säule ernsthaft beschäftiget haben, zweifeln an der Richtigkeit der antiphlogistischen Theorie, und verlassen sie, meistens nur aus Vorsicht, noch nicht. Man sehe, was *Davy, Erman, Simon* und mehrere davon in *Gilbert's* Annalen der Physik gesagt haben. Selbst der tiefforschende *Berthollet* findet in dieser Sache Dunkelheit (nemlich als eifriger Verfechter der antiphlogistischen Theorie). Siehe seinen Brief an *Pfaff*, in *Friedländer* und *Pfaff's* französischen Annalen, B. I. Heft 1.

und Verhältnisse, wie sie nur wenige geahnet haben möchten, und schuf Ansichten, die sich dem, was man, anderswo, mit andern Werkzeugen entdeckte, wie eine Wahrheit an die andre anschmiegen wird. Was er als andächtiger Schüler der Natur, seit vierzig Jahren, von ihr lernte, will er uns mittheilen. Ohne Eigennutz, wie ohne Stolz, wünscht er nur von uns zu erhalten, dasz wir ihm prüfen helfen, ob er ihre Lehren auch recht verstanden hat. Jeder Forscher der Natur ist sein Freund, von dem er mit demselben Sinn Zurechtweisungen annimmt, wie Bestättigung seiner Beobachtungen erfährt. Es würde schändliche Undankbarkeit und tadelhafte Selbstsucht oder Trägheit verrathen, wenn wir dem edlen Forscher nicht unsere Aufmerksamkeit schenken wollten, und das, was den Stempel des reinsten Willens und der fleiszigsten Beobachtung an sich trägt, nicht einer ernsten Prüfung werth achten wollten. Ist dieses schon zu lange versäumt, so ist es um so vielmehr Zeit, es ohne Aufschub anzufangen, wenn nicht ein künftiges Zeitalter vielleicht sagen soll, dasz die meisten unter uns die Spreu durchlassen, als eine reiche Saat zur Erndte winkte.

Wenn ich das Werk, zu dessen Prüfung ich auffordere, noch nicht genannt habe, so war es, weil ich wünschte, dasz jeder Leser errathen möchte, dasz ich des Ungarischen Forschers, JAKOB JOSEPH WINTERL'S, *Prolusiones in Chemiam seculi decimi noni* meinte.[1] Doch ich weisz, dasz nur wenige meinem Urtheil beystimmen werden. Die Mehrheit der Chemiker glauben aus Nebensachen und äusseren Verhältnissen urtheilen zu

[1] Zum Beleg für das, in dem Obengesagten, was in den folgenden Blättern sonst keinen finden würde, dienen nachstehende Notizen. *W.* hat sein Buch herausgegeben, ehe er von *Voltas* Säule, und noch weniger von den chemischen Entdeckungen damit wissen konnte; was er also mit diesen übereinkommend hat, ist auf einem ganz andern Weg gefunden, was auch der ganze Zusammenhang seiner Sätze beweiset. — Er hat sehr viele Exemplare von seinem Werk unentgeltlich unter die Chemiker vertheilet, oder vertheilen lassen. Hierdurch, sagt er in der Vorrede, wollte er verdienen, dasz man ihm die Bestättigungen oder Berichtigungen zuschickte, die man zu seiner Arbeit finde, und nicht in die wenigen von den allerbekanntesten Zeitschriften, die ihm dort zukommen, einrücken läszt.

müssen, dasz *Winterl* sich in seinen Beobachtungen getäuscht, in seinen Schlüssen geirrt habe.[1] Man vermiszt bey ihm die, fast bis zur höchsten Vollendung, ausgeführten Versuche *Lavoisier's*, man findet, oder glaubt zu finden, eine so grosze Unübereinstimmung, zwischen *Winterls* Beobachtungen und denen, die wir schon gemacht haben, und endlich wähnen wohl viele den

[1] Angenehm ist es mir gewesen zu finden, dasz dieses Vorurtheil nicht ganz allgemein ist, und dasz wenigstens einige, sehr schätzenswerthe, Männer die Prüfung von *W's* System nicht allein gewünscht, sondern auch übernommen haben. Unter diesen hat der, um die Chemie so verdiente, Oberbergkommiszair *Westrumb* die Andronia bey einer Prüfung der Pottasche erhalten, und dieses in *Crell's* Annalen 1802. B. 1. bekannt gemacht. Unter den unvortheilhaften Urtheilen über *W's* Theorie habe ich noch keines gehört oder gelesen, was sich auf eine ernsthafte Untersuchung gründete. Damit aber dieses nicht als leere Behauptung erscheinen möge, will ich das ausgeführteste, und mit der meisten scheinbaren Gründlichkeit abgefaszte öffentliche Urtheil, dieser Art, als Repräsentant der übrigen, vornehmen. Ich wähle hierzu die Recension von *Winterl Prolusiones in chemiam seculi decimi noni* in *Trommsdorffs* allg. chemischer Bibliothek des neunzehenten Jahrhunderts. 2 B. 1 Stk. Man brauchte eigentlich nichts weiter, als die Bekenntnisse des Rec. (a. a. O. S. 65.) anzuführen, um zu zeigen, dasz er seinen Verf. nicht verstanden habe; denn Rec. »versteht nicht, was der Verfasser mit seinen *terreis et salinis basibus fatuis*, (die doch von den milden Alkalien unterschieden werden) haben will« und er findet, dasz »das schwerste bey der Vorstellungsart des Verf. ist, sich einen Begriff von *acidum fatuum* und *pottassa fatua* zu machen.« Wer solche Geständnisse machen musz, kann die ganze erste Prolusion gar nicht verstehen. Dasz es aber gar nicht schwer ist, zu verstehen, was der Verf. mit faden Säuren und Alkalien will, wird hoffentlich aus den folgenden Blättern sich ergeben. Rec. legt (a. a. O. S. 62.) *W.* eine Meinung bey, die er im Anfang von §. 16. vorträgt, um sie am Schlusz, eben dieses Paragraphen, zu wiederlegen. — Rec. sagt, dasz *W.* den Körpern, die man sonsten unzerlegte und zusammengesetzte nannte, die Namen symplecte und dialyte gegeben hat. Wenn man §. 10. sehr flüchtig durchlieszt, ist ein solcher Irrthum, zur Noth möglich, wenn man aber §. 11. mitlieszt, musz man sehen, dasz es keinesweges so gemeint ist. — Der Rec. wundert sich über *Winterls* Behauptung, dasz die Metalle sich nicht in reinem, von der Luft ausgeschlossenem, Wasser verkalken. Es verhält sich aber doch so, (s. z. B. *Ritter's* Beyträge u. s. w. B. I. St. 3. S. 184. Anm.), und man kann sich nur darüber wundern, wenn man sich berechtiget glaubt, mit den Resultaten einer unvollständigen Theorie, gegen Erfahrungen zu pochen. Ich habe beweisen wollen, dasz das ausführlichste und scheinbar gründlichste Urtheil, was bis jetzt gegen *W's* System ausgesprochen worden, ohne die gehörige Einsicht abgefaszt worden sey. Ich glaube, dasz dieses Beyspiel meine Absicht vollkommen erfülle, und verspare den Raum, den ich noch mit weit mehreren ausfüllen könnte, für Besseres.

Schlüssel zur ganzen Natur in *Lavoisiers* System zu finden, und sehen es nur als ein Zeichen der Eitelkeit, der Unwissenheit oder des Betrugs an, wenn jemand glaubt denen, die so reich sind, Schätze, die ihnen noch ganz fremd sind, zeigen zu können. Will ich also meinen Zweck nicht verfehlen, so musz ich suchen diese Urtheile zu berichtigen, und der wichtigste Theil dieser Absicht wird ohne Zweifel erfüllt seyn, wenn ich zeige, dasz die Vergleichung zwischen *Lavoisier* und *Winterl* nicht so ungünstig für diesen ausfalle, wie man bei dem ersten Blick vermuthet haben möchte.

Es giebt zwey gar verschiedne Wege, tief in die Natur einzudringen, wovon der eine uns oft sicherer, der andere aber zugleich weiter führt.

Wer den ersten geht, nimmt eine wichtige und weit durchgreiffende Thatsache, die man bisher noch nicht verstanden hat, vor sich, verfolgt sie durch Versuche in allen ihren Nuancen, und stellt so eine Verkettung von Thatsachen dar, die als ein Ausspruch der Natur gelten kann. Man erhält so ein Naturgesetz, das allezeit weit tiefer eingreift, als man anfangs vermuthet hatte, was aber am Ende den staunenden Entdecker oft wieder mit der Hoffnung täuscht, dasz er nunmehr das Maas besitze, womit er alle Kräfte der Natur messen könne, so dasz er am Ziel einer ersten Laufbahn ruht, von dem aus er mit Glück noch eine zweyte betreten könnte. Auf diesem Weg hat *Lavoisier* seine Entdeckungen gemacht, und das was er that, wird nimmer aus unserm dankbaren Andenken verlöschen. Aber man vergesse ja nicht, dasz man auf diesem Weg nur ein untergeordnetes Naturgesetz findet, und, dasz nichts anders als etwas sehr Unvollkommnes zuwege gebracht wird, wenn man aus einem solchen ein Natursystem zu machen unternimmt. In diesen Fehler verfielen die Französischen Chemiker, und das Lückenhafte ihres Systems fiel gleich den ersten scharfsinnigen Gegnern desselben in die Augen; aber das Glänzende und Neue, was es enthielt, verschaffte ihm einen Sieg, der voll-

ständiger war, als es ihn verdiente. Denn bald vergasz man ganz, was man nicht hatte, über dem, wovon man in Besitz war, oder zu seyn glaubte; die Leichtigkeit, für einen offenen Kopf, die Theorie der Chemie in wenigen Stunden zu erlernen, verschaffte der neuen Lehre viele Jünger, die aus ihr die einzige Quelle ihrer chemischen Kenntnisse hatten, und wozu alle diese die antiphlogistische Theorie haben machen wollen, ist der Welt zur Genüge bekannt.[1]

Dieser blinde Eifer ist mehrentheils verschwunden. In der orthodoxen Kirche fällt schon mancher Streit über Hauptpunkte des Systems vor, und es wird hoffentlich nicht lange dauern, bis man allgemeiner einsieht, dasz *Lavoisiers* Lehre nichts sey, als eine mit ungemeiner Vollständigkeit und Genauigkeit ausgeführte Entwicklung der chemischen Verhältnisse der Lebensluft und ihrer Basis zu den übrigen Stoffen; denn was von Hydrogen, Azot und Carbon weiter vorkommt, ist offenbar nichts als Nebenarbeit, die gar nicht durchgreift. Alles übrige läszt daher dieses System bleiben, wie es ist, oder seyn kann.

Fragen wir daher:

Warum neutralisiren sich Säuren und Alkalien? — Warum ist die Elektricität, zur Verbindung mehrerer Gasarten unter einander, nothwendig?

Oder überhaupt:

In welchem Verhältnisze stehen die elektrischen Erscheinungen zu den chemischen, mit welchen man sie so oft in Gesellschaft zufällig entdeckt, nach Principien verfahren, sie aber weit öfter entdecken würde?

Warum bedarf das Wasser durchaus einen Zusatz, damit die Verkalkung eines Metalls u. s. w. darinn vor sich gehe?

---

[1] Wer erinnert sich nicht, wie man aus Sauerstoff und Wasserstoff Principe des Lichts, der Elektricität, der Irritabilität, u. s. w. machen wollte, und so das Obere zum Untern, den Stoffen zu Liebe, umschuf.

Ergiebt sich, aus der antiphlogistischen Theorie der Verbrennung, eine Theorie der Selbstentzündungen?[1]

Giebt es eine gründliche Erklärung der Lichterscheinungen und Farbenänderungen bey den chemischen Vorgängen?

Was ist das gemeinschaftliche Princip der Metalle?

Was das der Alkalien und Erdarten?[2]

Diese Fragen, sage ich, wird gewisz kein denkender Freund von *Lavoisier*'s Lehre in ihr befriedigend beantwortet finden, ja er wird zugeben, dasz mehrere darinn nicht einmal berührt sind, und dasz auch in diesem System keine Hoffnung liegt, sie jemals beantwortet zu sehen. Und doch sind alle diese Fragen, wohl erwogen, von gar groszer Wichtigkeit, und wie viele andere lieszen sich nicht noch aufwerfen, wenn wir hier eine Critik von *Lavoisier*'s System liefern wollten, und uns nicht hier, unsern Absichten gemäsz, darauf beschränken müszten, zu zeigen, dasz es sehr viele und äusserst bedeutende Lücken hat.

Winterl hat nicht so wie *Lavoisier* alle seine Kräfte aufgeboten, um ein einzelnes Problem zu lösen, er gehört zu den seltenern Männern, die mit hellem Auge jede merkwürdige Aeusserung der Natur, die ihnen vorkommt, betrachten, und sie verfolgen, bis sie selbige verstehen. Unter ihren Händen entspinnt sich nicht, aus einer Erfahrung, ein System von Thatsachen, sondern aus allen Thatsachen, die sie tiefschauend in der Natur fanden, wird ihrem Genius ein wirkliches System. Die Erfahrungen findet man daher bey ihnen in groszen Massen zusammengestellt, mit der Ansicht, die sie von der einen mit sich tragen, bereichert, gehen sie zu einer

[1] Die, welche die antiphlogistische Theorie wenigstens als eine vollkommne Verbrennungstheorie möchten angesehen wissen, haben diese und einen Theil der folgenden Frage, wie auch mehreres in den übrigen noch ganz zu beantworten.

[2] Was eine Classe ausmacht, musz ein gemeinschaftliches Princip haben. Die Forderung, die man von dieser Seite an ein System haben kann, schien anfangs *Lavoisier*'s bey den Säuren zu erfüllen, spätere Untersuchungen haben aber auch hierin Schwierigkeiten gezeigt.

andern; je länger wir ihnen mit Aufmerksamkeit folgen, je mehr Licht geht uns auf, und hat man sie endlich bis zum Ende unverdrossen begleitet, so sieht man zum Lohn überall die Tagesklarheit, wo man vorher nur Dämmerung oder Finsternisz fand. Man trift daher bey *Winterl* anfangs ganze Sammlungen von paradoxen Erscheinungen, die sich erst nach und nach an einander reihen, um ein ganzes zu bilden. Man stutzt oft nicht wenig, eine Menge Thatsachen aufgestellt zu sehen, die, wenn sie Statt fänden, den Chemikern täglich vorkommen müszten; aber sie sind ihnen eben entgangen, weil sie nur das suchten, was auf einen gewissen Gegenstand Bezug hätte, den Vorgang aber nicht von neuem als eine Einheit betrachteten, die als solche selbst auf ein Ganzes Bezug hat. Aus dieser Ursache ist es auch, dasz wir in den Schriften der guten Chemisten, die ihre Arbeiten sehr umständlich beschreiben, oft Erscheinungen erzählt finden, die bey *Winterl* zu einem System von Thatsachen gehören, dort aber nur, als seltne Erscheinungen, aus zufälligen Ursachen entsprungen, dargestellt werden[1].

Eben darum, weil *Winterl* bey seinen Versuchen nicht blosz den Bezug eines Einzelnen zu einem andern Einzelnen, sondern den Bezug des Einzelnen auf das Ganze wissen wollte, (es nicht atomistisch, sondern dynamisch nahm) findet man auch, dasz er viele Arbeiten, mit den rohen Materialien, die man zur Bereitung der Reagentien braucht, vorgenommen hat, um das was man, bey ihrer Ausscheidung, sonst als Unreinigkeiten wegwarf, zu prüfen. Diese Sorgfalt blieb auch nicht unbelohnt, denn in der käuflichen Potasche fand er einen Stoff, (seine Andronia) der als einer der wichtigsten in der Chemie auftreten, und uns über die Zusammensetzung der Metalle, der Erdarten und Alkalien, der Luft u. s. w. unerwartete

---

[1] Einige solche habe ich angeführt, und würde es öfter haben thun können, wenn die Verhältnisse, unter welchen ich während dieser Arbeit lebte, mir es nicht an Zeit und litterairen Hülfsmitteln hätten gebrechen lassen.

Aufschlüsse geben wird[1]. So viel aber *Winterl*, und Männer seines gleichen, für das Ganze thun, so wenig lassen sie sich auf die Verfolgung der Versuche bis auf ihr Aeusserstes ein. Sie sind mehr Beobachter, als Experimentatoren. Wenn man daher in der Angabe der einzelnen Thatsachen sie weit von der Genauigkeit eines *Lavoisier*'s oder *Volta*'s findet, und man daher das Ganze ohne andre Prüfung verwerffen wollte, würde man dadurch nur verrathen, dasz man für Männer wie *Winterl* den Maszstab nicht besäsze. Zu wünschen wäre es übrigens, dasz *Winterl*, der nur die qualitativen, und höchst selten die quantitativen Verhältnisse untersucht hat, wie *Priestley* einst, auch seinen *Lavoisier* finden möchte, der das was noch mangelte, ergänzen, und das Fehlerhafte berichtigen könnte.

Weit sey es aber von mir entfernt, die Kunst des Experimentators herabwürdigen zu wollen. Wer mit seinem Geist das Universum zu umfassen vermag, und doch den mühsamen Weg, der bis zur grösten Vereinzelung gehenden Versuche, einschlägt, dem zeigt sein schöpferischer Genius, in jeder einzelnen Erscheinung seiner Versuche, die Gesetze, wonach die erschaffende Natur es mit dem Ganzen verbunden hat, und was andre, auf dieser oder jener Seite, nur halb vollendeten, stellt er in der höchsten Vollendung dar. Wer in seinem Geschäft nur kleinliche Mühe sieht, der vergiszt, dasz auch das Kleinste die Gesetze des Ganzen in sich trägt, und dasz der, der die Ge-

---

[1] Ich weisz, dasz viele eben dadurch, dasz *W.* seine Andronia aus der unreinen Potasche erhielt, sich haben abschrecken lassen, dieser Entdeckung nachzugehen, weil sie befürchteten kein reines Resultat zu bekommen; aber hat man nur ein Produkt erhalten, das, mit Vitriolsäure verbunden, alle Metalle, ohne Ausnahme, auflöset, und sie so fest hält, dasz sie die Alkalien nicht daraus fällen, wenn es die Salzsäure fähig macht, Silber aufzulösen, wenn es in der Athmosphäre sich verflüchtiget, und doch mit Kali geglüht Kiesel giebt, wenn es Bley in Baryt, Kupfer in Molybdän verwandelt u. s. w. so hat man doch wohl aus der unreinen Potasche etwas erhalten, was aller Aufmerksamkeit werth ist, und man ist gewisz nicht durch den Kieselgehalt seines Kali getäuscht, wie einige glauben.

setze des Organismus im Frosch erkennt, sie auch im Menschen verstehen musz.

So viel von *Winterls* Arbeit und Verdienst. Ich habe ihn gelobt, wie ich glaube, dasz es ihm gebührt, und sollte es nach künftigen Untersuchungen scheinen, als hätte ich mit zu viel Wärme gesprochen, so vergesse man nicht, dasz ich eine Sache, die an sich gar wichtig war, mehr zur Prüfung empfohlen habe, als dasz ich über den Werth seiner Versuche schon bestimmt urtheilen wolle, indem sich mir noch zu wenig Gelegenheit fand, sie selbst zu wiederholen.

Jetzt also von dem Zweck gegenwärtiger Blätter. Es ist kein anderer, als der, eine ernstliche Prüfung von *Winterls* System einzuleiten. In nach und nach erscheinenden Heften wollte ich hierzu die Akten liefern. Der erste Schritt hierzu müszte seyn, *Winterls* Ideen allgemeiner bekannt zu machen, wozu seine Prolusionen selbst, sowohl wegen der Sprache, worin sie abgefaszt sind, womit nicht alle Chemiker vertraut genug sind[1], wie auch wegen der keine leichte Uebersicht gewährenden Ordnung, nicht ganz geeignet sind. Ich liefre daher hier eine, wie ich hoffe, faszliche Darstellung von *Winterls* System, als erstes Heft. In den folgenden werden Versuche, Kritik, Vergleichungen und Anwendungen vorkommen. Ich habe schon von einigen der besten deutschen Chemisten das Versprechen, dasz sie diese Arbeit, durch Mittheilung ihrer Versuche unterstützen wollen. Ich werde auch meines Theils nicht versäumen, die Versuche fortzusetzen, die ich schon angefangen habe, aber nicht mittheilen mag, ehe sich ein vollkommen entscheidendes Resultat daraus ergeben hat[2]. Sehr lieb würde es mir seyn, wenn recht viele

[1] Eine gute Uebersetzung der Prolusionen, die durch meine Darstellung nicht überflüszig gemacht werden sollen, wäre daher noch zu wünschen, und wenn man *W.* mehr Aufmerksamkeit als bisher würdigen sollte, so haben wir auch eine solche von einem sehr verdienten Deutschen Chemiker zu hoffen.

[2] Dasz ich nicht schon meine Versuche so weit gebracht habe, dasz ich sie mittheilen kann, kommt blosz daher, dasz ich seit ein Jahr auf einer gelehrten Reise

sich in diese Untersuchungen einlassen wollten, und jeder Naturforscher wird hiermit eingeladen, die Aufklärungen, die er in dieser Sache geben kann, für die Fortsetzung dieser Blätter mir mitzutheilen. Jede gründliche Prüfung, jeder genaue Versuch, jede hieher gehörige Bemerkung, wird, mit gehörigem Dank und Erkenntlichkeit, aufgenommen werden, und der Verlagshandlung dieses ersten Hefts zugesandt, werden sie mich jederzeit treffen.

In der gegenwärtigen Darstellung, wird man einen bedeutenden Unterschied in der Behandlung der ersten und zweyten Prolusion bemerken. Dieser ist sehr natürlich daraus entstanden, dasz die erste in gewisser Rücksicht, ein Ganzes ausmacht, woraus es leicht war, das System von Naturgegesetzen, das darinn lag, herauszuheben, ohne jedes Detail zu berühren; die zweyte hingegen erst in Verbindung mit mehrerern künftigen ein Ganzes ausmachen kann, und doch zu viele interessante Materien berührt, die sie eigentlich, in experimentaler Rücksicht, zu der interessantesten macht, dasz ihre Verbreitung nicht wohl aufgeschoben werden dürfte.

Ist es mir geglückt, *Winterl's* Ideen mit der gehörigen Klarheit darzustellen, so hoffe ich, dasz man mir möglich eingeschlichene Uebereilungen zu Gute halten, und Unvollkommenheiten des Ausdrucks mir, als Fremden, verzeihen wird.

Jena, im August 1802.

bin, wo mir natürlicher Weise nicht viel Zeit und Gelegenheit zu solchen Arbeiten übrig bleibt. Ich würde daher auch die Herausgabe dieser Schrift lieber bis zu meiner Rückkehr verschoben haben, wenn ich nicht der Ueberzeugung gewesen wäre, dasz es wichtig sey, dasz eine Sache, die so viele Aufklärungen verbreiten kann, sobald wie möglich zur Sprache käme.

VON DEM

SAEUREPRINCIP.

Die bekannte Thatsache, dasz die sauren und alkalischen Substanzen, (das Wort im weitesten Sinne genommen), in ihren Verbindungen, wenn das passende Verhältnisz getroffen wird, ganz ihre Acidität und Alkalität[1] verlieren, würde schon längst die Aufmerksamkeit der Physiker auf sich gezogen haben, wenn man sich nicht mit der Aussage begnügt hätte, dasz eine Verbindung aus zwey verschiedenen Materien andere Eigenschaften haben müsse, als ihre Ingredienzen. So richtig diese Aussage ist, so erklärt sie doch nichts, und läszt den forschenden Physiker, der den Grund dieser Thatsache einsehen will, unbefriedigt. Und doch führt der einfachste Ausdruck dieses Phänomens uns so leicht auf den Weg zur Erklärung derselben. Ich sage nemlich: die Acidität und Alkalität heben einander auf, und frage nun: was ist einfacher und natürlicher, als den Schlusz daraus zu ziehen: die Alkalität und Acidität sind einander entgegengesetzt? Wir schlieszen ja überall so in der Naturwissenschaft; denn woher wüszten wir, dasz die verschiedenen Elektricitäten, Magnetismen, u. s. w., entgegengesetzt sind, wenn sie sich nicht gegenseitig aufhöben? Man würde mir vielleicht hiegegen einwenden, dasz es doch bey diesen Kräften weit mehr einleuchtend wäre, weil die Materien, womit sie verbunden sind, nicht mit einander chemisch verbunden zu werden brauchten, damit sich die Kräfte aufheben könnten. Diese Einwendung, die ohnedem nicht viel Gewicht hat, wird durch das Folgende gehoben, wo es erwiesen werden soll, dasz die Säuren und die Basen so von einander abgeschieden werden können, dasz sie ihre belebende Kräfte nicht wieder bekommen, wobey es sich zugleich ergeben wird, dasz die Ursache der Acidität und Alkalität nicht in irgend etwas Ponderablem liege, sondern, dasz sie durch ein eignes belebendes Princip ihren Charakter haben.

Durch die gewöhnliche Art, wie man die neutralen Verbindungen zersetzt, giebt man dem abgeschiedenen Theil die Kraft, die in der Verbindung erschöpft war, wieder, indem man bey den Zerlegungen Mittel anwendet, die das belebende Princip von einem der Elemente enthalten. Solche Zerlegungsmittel sind die Säuren, deren

[1] Ich bezeichne hiermit die Eigenschaft Säuren abzustumpfen, ohne sie erst zu zerlegen. W. nennt es Basicität, weil er Basen (Salzbasen) den Säuren entgegensetzt. Das, was man oft Basis einer Säure genennt hat, nennt er Substrat. Ich werde auch hierin seinem Sprachgebrauch folgen, nur, dasz ich das Wort Alkalität dem Worte Basicität vorziehe.

Würkungsart in der Folge erklärt werden soll. Hier begnügen wir uns ein Mittel anzugeben, wie man viele Verbindungen der Säuren und Basen so zerlegen kann, dasz das abgeschiedene Element nicht restituirt wird, sondern in einem abgestumpften Zustande, für sich dargestellt wird. Ein solches Mittel finden wir in der Wärme, die noch nicht zur Glühhitze erhoben ist. Wenn man, durch dieses, solche neutrale Verbindungen, die aus einem flüchtigen und einem fixen Bestandtheil zusammengesetzt sind, behandelt, so wird das eine Element stumpf abgeschieden, und das oft in dem Grade, dasz es nicht mehr fähig ist, selbst auf die empfindlichsten Pflanzenpigmente zu wirken, ein entgegengesetztes Element neutralisiren zu können, und überhaupt auf irgend eine Art, als Säure oder Basis, zu reagiren.

Wenn man schweflicht saures Kali[1], in Wasser aufgelöst, einer Destillation unterwirft, so verläszt die Säure grösztentheils ihre Basis, im luftförmigen Zustande, aber mit ganz anderen Eigenschaften, als die sie, vor der Verbindung mit dem Kali, hatte. Ihre distinktive Wirkungen auf Augen, Nase, Lunge u. s. w. sind verschwunden, sie reagirt nicht mehr auf die Pflanzenpigmente, löszt sich im Wasser in noch gröszerer Menge, als vorher, auf, und wäre solcher Gestalt für eine ganz neue Gasart zu nehmen. Wenn man sie mit der hinterlassenen Basis wieder verbindet, giebt sie das nemliche Neutralsalz, wie vorher, wogegen es ein reines nicht abgestumpftes Kali nicht neutralisiren würde.

Kohlensaurer Kalk giebt, mit Hülfe der Wärme, eine gasförmige Kohlensäure, die sich in noch gröszerer Menge, als die gewöhnliche mit Wasser verbindet, aber ohne ihm einigen Geschmack, oder die Eigenschaft blaue Pflanzenpigmente zu röthen, mitzutheilen. Diese abgestumpfte Kohlensäure zeichnet sich auch dadurch aus, dasz sie den Kalk zwar aus dem Kalkwasser präcipitirt, das Präcipitat nachher aber nicht wieder auflöst.

Wenn man boraxsaures Ammonium einer Temperatur von 160° Fahrenheit aussetzt, so geht schon ein Theil Ammonium weg, ohne dasz der nachgelassene Theil eine Wirkung auf den Veilchensaft erhält. Durch eine Temperatur von 300° Fahrenh. (doch nicht zur Glühhitze getrieben) verläszt das Ammonium ganz diese Ver-

---

[1] *W.* hatte seine schweflichte Säure durch Destillation von 9 Theilen Vitriolsäure mit einem Theil Schwefel erhalten.

bindung, aber die zurückgebliebene Säure hat noch ihre vorigen Eigenschaften nicht erlangt.

Viele Säuren haben zwar die Eigenschaft, durch die Wärme, aus ihren Verbindungen ausgetrieben zu werden, aber nicht in ihrer einförmigen Gestalt, sondern zerlegt. Solche werden Säuren mit dialytischem Substrat (von *δια* und *λυω*) hingegen die, die ihre Einförmigkeit bey der Austreibung behalten, Säuren mit symplectem Substrat, (von *συν* und *πλεκω*), genannt.

Säuren mit dialytem Substrat, die aus einer Verbindung mit einer alkalischen oder erdigten Basis ausgetrieben werden, ohne Glühhitze, gehen im Anfang der Destillation zum Theil mit ihrer vollkommnen Säuerlichkeit, zum Theil aber in ihre konstituirende Bestandtheile aufgelöst, adiaphorisch, oder doch mit einem geringen Theil ihrer Säuerlichkeit über.

Zu dieser Klasse von Säuren gehört die Salpetersäure, deren Salzverbindungen bey der Erhitzung nur zum Theil ihre Säure, zum Theil Lebensluft und Azotgas geben.

Essigsäure gehört auch hieher, weil die damit zusammengesetzten Salze, auszer vollkommner Essigsäure auch fixe und brennbare Luft geben, und noch dazu die Unreinigkeiten des Essigs, Oel und Ammonium (*Winterls* Behauptung).

Salzsäure Magnesia giebt bey der höhern Temperatur fixe und azotische Luft. Ein Theil des erstern bleibt in Verbindung mit der Magnesia zurück, wie auch etwas unzerlegte Salzsäure.

Der Schwefel ist auch eine, obgleich sehr schwache, Säure. Seine Verbindungen mit Basen, (die Schwefellebern) geben mit drey Mal so viel Wasser verdünnt, bey der Destillation Azotgas, ein wenig hepatische Luft, und einen flüssigen Schwefel, der die meisten Metalle aus ihren Auflösungen in Säuren präcipitirt. Gold wird dadurch aus dem Königswasser, Silber aus Schwefel- und Salpetersäure, Quecksilber aus Salpeter- und Salzsäure, Bley aus Salpeter und Essigsäure, Kupfer aus Vitriolsäure, schwarz präcipitirt. Zinn wird aus der Vitriolsäure in geringer Quantität weiszlich, in gröszerer schwarzgrau, gefällt. Quecksilber wird aus der Schwefelsäure dadurch orangefarb niedergeschlagen, das Präcipitat geht aber sehr geschwinde ins Weisze über. Dieses findet doch nur auch mit einer kleinen Quantität von Präcipitat Statt, eine grössere wird auch schwarz. Zink giebt aus allen ein weiszes Präcipitat. Eisen wird kaum gefällt, weil ein leicht auflösliches Salz

gebildet wird, weshalb auch eine wäszrigte Auflösung des Eisenvitriols hiemit allein milchigt wird, und nur vollkommen gesättiget einen Bodensatz giebt, der doch mit noch mehr flüszigem Schwefel wieder aufgelöszt wird. Salpetersaures Eisen wird mit wenigem weisz, mit mehr milchigt, und mit noch mehr, wegen der Verdünnung, durchsichtig, mit dunkelblauer Reflexion.

Eben so wie man die Säuren in einem stumpfen Zustande darstellen kann, ist es auch mit den Basen möglich, doch giebt es hierbey mehr Schwierigkeiten, weil nur ein einziges Alkali sich durch Verflüchtigung aus seinen Verbindungen ausscheiden läszt, und die fixen, von denen man eine flüchtige Säure geschieden hat, doch noch etwas von dieser zurückhalten, und also nicht als rein betrachtet werden können. Die Temperatur scheint auch die Alkalien weit eher zu redintegriren, als die Säuren, woraus es sich vielleicht am besten erklären liesze, warum das Ammonium, aus einem Neutralsalze durch Hitze ausgetrieben, nur einen Theil seiner Alkalität verliert.

Als die leichteste Art, das Kali in den abgestumpften Zustand zu versetzen, schlägt *Winterl* vor, es mit metallischen Säuren zu verbinden, und in die Auflösungen dieser sauren Metallsalze Metalle zu bringen, die den Säuren einen Theil ihrer Lebensluftbasis entziehen, wodurch sie aufhören, Säuren zu seyn, und also die Basen, womit sie verbunden waren, loslassen müssen, und zwar in dem Zustande, in dem sie in der Verbindung waren, das ist fade oder abgestumpft. Insonderheit schlägt er dazu das Magnesiumoxyd vor. Man behandelt nemlich Magnesiumoxyd im Feuer mit Salpeter. Das Magnesiumoxyd wird auf Kosten der Salpetersäure in eine metallische Säure[1] verwandelt, und das, aus dem Salpeter freygewordene Kali konstituirt mit der neuen Säure ein Neutralsalz, welches nur, durch ein Metal, wie gesagt, zerlegt wird[2].

[1] *W.* hält diese Säure für Chromsäure, und nimmt das Chrommetall nicht als ein eignes Metall an.

[2] Die ganze Operation ist folgende: Ein Theil sehr fein gepülverter schwarzer Magnesiumoxyd, das zuvor mit geruchloser Salpetersäure gereiniget ist, und drey Theile pulverisirter reiner Salpeter, werden in einen hassischen [hessischen?] Tiegel gebracht, mit einem wohlschlieszenden Deckel versehen, und drey Stunden hindurch in einer mäszigen Temperatur gehalten. Hierbey wird die Salpetersäure in ihre Bestandtheile resolvirt. Das Azot verläszt die, durch das Chrystallisationswasser, flüszig gewordene Masse mit Aufbrausen und Geräusch, (der Tiegel musz darum nur zu zwey Drittheilen angefüllt seyn), aber die Basis der Lebensluft verbindet sich mit dem Magnesium, das so sauer wird, und mit dem Kali in ein Neutralsalz übergeht. Wenn das Ohr nun nichts mehr von dem Aufbrausen bemerkt, wird eine erhöhte Temperatur das entstandne schwammigte Gemisch weder schmelzen noch reduciren können. Man giebt daher in der vierten Stunde

Das abgestumpfte Kali ist flüchtig, und giebt mit Wasser destillirt eine Luft, die weder sich anzünden läszt, noch die Flamme unterhält, oder in Wasser sich auflöszt, und auch die Salmiakauflösung, auf die sie vor der Destillation kräftig wirkte, nicht mehr verändert. Das Residuum der Destillation sind blosz einige Gran Chamäleon. Wenn die fade Potasche einige Zeit der freyen Luft ausgesetzt gewesen ist, so hat sie, nach und nach, wieder alle Eigenschaften der gemeinen Potasche angenommen.

Kalk kann auch in fadem Zustande dargestellt werden. Wenn man reine fade Potasche mit Kalkwasser vermischt, scheidet sich eine Menge fader Kalk, der sich in Form einer Gelatina auf dem Filtrum aufsammeln läszt. Dieser fade Kalk löszt sich schwächer im Wasser auf, als der kaustische, läszt sich aber doch durch die gehörigen Reagentien präcipitiren. Dieser Kalk ist ohne Geschmack, die angewandte Potasche aber ist kaustisch geworden. Der fade Kalk ist flüchtig, und folgt den Wasserdämpfen, weshalb er auch durch die Destillation nicht vom Wasser geschieden werden kann. Zu stark gebrannter, (todtgebrannter), Kalk ist auch fad, wenigstens sagt *Bergman* von einem solchen, dasz er sich zwar im Wasser auflöszt, sich aber nicht damit erhitzt und zerfällt.

Wenn man aus salpetersaurem Baryt die Säure ausgetrieben hat, behält der rückständige Baryt noch den neutralen Geschmack. Von wenig zurückgebliebener Säure kann dieses nicht herrühren, denn diese könnte doch nur wenig, nicht die ganze Quantität des Baryts, neutralisiren. Der fade Baryt unterscheidet sich darin von

---

Glühhitze. Wenn man, während diesen vier Stunden, glühende Kohlen an den Rand des Tiegels bringt, so bleiben sie dennoch dunkel, zum Beweis, dasz keine Lebensluft entweicht, bey unzeitig erhöhter Temperatur aber, zeigen die Kohlen entweichende Lebensluft an, und der Versuch glückt nicht. Wenn nun alles einer freywilligen Abkühlung überlassen worden ist, bleibt eine schwarze Masse im Tiegel zurück, der Deckel aber wird mit fader Potasche, in Form von weissen Krystallen, die sich sublimirt haben, überzogen gefunden. Beyde Massen werden mit Wasser extrahirt, wobey letztere eine über alle Beschreibung schöne röthliche, diese aber eine eben so schöne dunkelgrüne Auflösung giebt. Jede Ursache aber, die Säureprincipe* mittheilt, verändert diese Farben, wie auch die, die Lebensluftbasis entzieht. Durch Abdampfung und Erkältung erhält man Krystalle, von grüner, rother oder blauer Farbe, nachdem die Umstände so oder anders sind. Durch ein hineingebrachtes Stück Metal, (Silber, Quecksilber, Bley, Zinn, Zink, nicht so gut Eisen), verändert die Auflösung ihre Farbe, und wird zuletzt ganz farbenlos. Das Magnesiumoxyd (oder richtiger die Magnesiumsäure) wird hierbey einerseits ihrer Lebensluftbasis beraubt, verläszt ihre Verbindung mit der Potasche, und diese bleibt nun, so wie sie in der Verbindung war, fade, zurück. [s. S. 124.]

---

* Säureprincip heiszt hier und überall die Ursache der Acidität, nicht aber das, was man gewöhnlich Sauerstoff nennt.

fadem Kali und Kalk, dasz, wenn er mit Wasser in Dämpfen weggeht, und Kohlensäure antrift, er sich damit verbindet.

Wenn man eine fade Säure mit einer faden Basis verbindet, so wird eben das Neutralsalz hervorgebracht, wie wenn man die vollständige Säure mit der vollständigen Basis verbände. Wenn man, z. B., fade, schwefligte Säure mit fadem Kali verbindet, so wird eben so wohl daraus schwefligtsaures Kali, als, wenn man die vollständige Säure mit vollständigem Kali verbunden hätte.

Eine vollständige Säure wird durch eine fade Basis nur wenig abgestumpft, und eben so verhält sich auch eine vollständige Basis zu einer faden Säure. Hieraus erklärt es sich, warum die Verbindung des Weinsteins mit Borax sauer ist. Das überschüszige Natron im Borax[1] nemlich ist fad, und kann daher der überschüszigen Säure des Weinsteins wenig oder nichts von ihrer Säuerlichkeit nehmen. Diese Verbindung scheint zwar noch saurer, als der Weinstein selbst zu seyn, dieses kommt aber daher, dasz sie auflösbarer ist, wodurch sie mehr auf den Geschmack wirkt. Je mehr Basis mit einer Säure verbunden wird, je vollkommner verlöschen die Eigenschaften derselben. Säure mit einer geringen Menge von Basis ist noch sauer, mit so viel, als zur Neutralisation erfordert wird, ist sie fade, halb desoxydirt, mit noch mehr Basis verbunden, wird sie noch mehr desoxydirt[2].

Aus einer Verbindung mit der doppelten Menge der Basis wird eine Säure, mit dialytischem Substrat, ganz zerlegt, und ohne Spur von vollkommener Säure durch Wärme herausgetrieben. Aus der Verbindung mit der dreyfachen Basis aber ausgetrieben, haben sogar die Theile des Substrats, die sonsten eine partielle Säuerlichkeit noch behalten hätten, auch diese verlohren.

Säuren, mit symplectem Substrat aus ihrer Verbindung mit der doppelten Basis durch Wärme ausgetrieben, haben ein weit gröszeres Volumen, als wenn sie von der blos zur Neutralisation hinreichenden Menge der Basis geschieden wären, und ziehen auch das Wasser in eben diesem Verhältnisse weit stärker an. Aus der dreyfachen Basis entwickelt zeigen sie alle diese Abweichungen in noch höherem Grade. Wenn man eine Säure in diesem letzten

---

[1] Im natürlichen Borax, und solchem, der aus diesem, ohne Zusatz von Natron, durch Reinigung, erhalten worden.

[2] Daher rührt es, dasz eine Säure mit symplectem Substrat, die, aus ihrer neutralen Verbindung, durch Wärme, geschieden wird, erst weniger, nachher aber mehr desoxydirt übergeht.

Grade der Desoxydation mit den Alkalien verbindet, bemerkt man gar nicht mehr, dasz diese abgestumpft werden, sondern sie färben die blauen Pflanzensäfte eben so vollkommen grün, nach wie vor der Verbindung, wobey es nur merkwürdig ist, dasz diese, kurz nachher, in Orangefarbe übergehen. Die solcher Gestalt desoxydirten luftförmigen Säuren gehen auch, selbst mit dem heiszen Wasser, eine Verbindung ein, so dasz man die schweflichte Säure, aus der dreyfachen Basis ausgetrieben, in keinem hydropneumatischen Apparat darstellen kann. Auch giebt es Säuren, von denen, die, in ihrer Verbindung mit Basis, im Neutralisationsverhältnisz, symplekte Substrate haben, welche, mit einer gröszeren Menge von Basis verbunden, nicht durch blosze Wärme daraus geschieden werden können, ohne zerlegt zu werden.

Säuren, durch Basen im Neutralisationsverhältnisz abgestumpft, wollen wir im *ersten Grad desoxydirt*, oder, ohne weiteres, *fade*, nennen. Sind sie aber durch die *zweifache* Basis abgestumpft im *zweyten Grade desoxydirt*, und durch die *dreyfache* Basis, im *dritten Grade desoxydirt*.

Wenn eine Säure eine andre aus ihrer Verbindung mit einer Basis austreibt, so geschieht dies dadurch, dasz die schwächere Säure, die mit der Basis verbunden ist, der stärkeren ihr Säureprincip raubt, und selbst wieder sauer wird, wodurch sie weniger geneigt wird, mit der faden Basis vereiniget zu seyn. Dieses läszt sich daraus schlieszen, dasz die Säure, die die andre heraustreibt, jetzt in den *faden* Zustand übergeht, wogegen die herausgetriebene, vorher fade, jetzt *redintegrirt* wird. Die Ausdrücke: *stärkere und schwächere Säure*, müssen demnach so verstanden werden, dasz die *stärkere* die ist, die ihr Säureprincip *leicht* abgiebt, die *schwächere* aber die, die es *nicht so leicht* abgeben, sondern es fester hält. Die Menge der verschiedenen Säuren, die durch die Verbindung mit einer Basis resolvirt werden, steht auch in genauem Verhältnisz zu der Intensität des Geschmacks, und der Stärke der gegenseitigen Attraction der Säure und Basis.

Aus diesem versteht man, *warum oft eine starke Säure mehr von einer schwächeren aus ihrer Verbindung austreibt*, als sie *verhältniszmäszig sollte*, wenn die Abscheidung blos durch die neue Salzverbindung verursacht würde. Wenn man z. B., zu einer Auflösung von Schwefelleber eine kleine Menge einer starken

Säure setzt, so präcipitirt sich der meiste Schwefel, und ein groszer Theil des Alkali bleibt kaustisch in der Lauge zurück.

Eine kleine Menge Vitriolsäure, einer Auflösung von Borax in heiszem Wasser zugesetzt, verursacht eine Abscheidung der Boraxsäure, die sich nach dem Erkalten zeigt, ohnerachtet die Vitriolsäure nicht einmal im Stande wäre, auch nur das überschüszige Natron zu sättigen. Wenn der Borax künstlich, aus seiner Säure und Natron, zusammengesetzt ist, so wird mehr Säure erfordert, um nur erst den überschüszigen Theil zu sättigen; nachher bringt auch hier die Vitriolsäure eine unverhältniszmäszig grosze Ausscheidung der Boraxsäure hervor. In dem natürlichen Borax ist das überschüszige Natron fad, und stumpft also die Vitriolsäure äusserst wenig ab. Diese erhaltene Säure ist nur wenig sauer, wenn sie aber mit mehr Vitriolsäure abgeschieden ist, hat sie weit mehr Säuerlichkeit, welches aber doch nicht von beygemischter Schwefelsäure herkommen kann, da sie diese Säuerlichkeit auch nicht unter dem Schmelzen zu Glas verliert.

Die Erklärung der Ausbreitung der Basen durch Basen ist nun leicht. Nur musz man auf das Kausticitätsprincip Rücksicht nehmen, da viele Basen sich nicht ohne dieses herstellen lassen.

Wenn eine flüchtige Säure, durch eine schwächere, aber zugleich fixere, mit Beyhülfe der höheren Temperatur aus ihrer Verbindung mit einer Basis geschieden werden soll, so zeigen sich hierbey verschiedene merkwürdige Phänomene, die sich am besten durch ein Beyspiel aufklären lassen. Kochsalz mit einer überflüszigen Menge von Boraxsäure, die in wenig Wasser aufgelöst ist, gemischt, und einer Destillation, mit pneumatischer Vorrichtung unterworfen, giebt zwar etwas unzerlegte Säure, ein Theil geht aber resolvirt über. Die überflüszige Boraxsäure sublimirt sich hierbey, und kann, durch eine angenäherte Kohle, von einer Stelle zur andern getrieben werden. Diese so ungewöhnlich flüchtige Boraxsäure ist zugleich fade, löszt sich äusserst schwer im Weingeist auf, und röthet den Veilchensaft nicht, sondern färbt ihn vielmehr ein wenig grün. Der Rückstand besteht zum Theil aus unzersetztem Kochsalz, und aus Boraxsaurem Natron, das sich aber, von dem auf anderm Wege erhaltenen, dadurch unterscheidet, dasz es schwerer im Wasser auflösbar ist, da das andre an der Luft deliquescirt. Es hat auch andre chemische Verhältnisse gegen die Salze.

Fade Säuren scheiden nur andre, die sehr viel schwächer sind,

aus solchen Verbindungen, in welchen die Basis stärker ist, als die, wodurch sie fade gemacht war, also in so weit sie einer ferneren Abstumpfung fähig ist.

Eben dieses Gesetz gilt auch für die Basen. Es könnte zwar bey dem ersten Anblick scheinen, als ob die Abstumpfung der Säuren und Basen durch einander, selbst nachdem sie von einander geschieden worden sind, daher kommen könnte, dasz die Säure noch eine geringe Menge von Basis, die Basis noch eine geringe Menge von Säure zurückbehielte, oder mit sich übernähme; aber dieses läszt sich leicht widerlegen; denn

a) die Basen können nur einen verhältniszmäszigen Theil der Säuren, die Säuren nur einen verhältniszmäszigen Theil der Basen, abstumpfen, und also könnte keine vollkommne Abstumpfung des einen durch einen kleinen anhängenden Theil des andern bewürkt werden.

b) Die Säuren mit dialytem Substrat gehen zum Theil mit Integrität, zum Theil vollkommen desoxydirt über; in der neutralen Verbindung kann aber nicht ein Theil vollkommen, der andere gar nicht desoxydirt, sondern alle darinn befindliche Säure musz in einem Zwischenzustande zwischen Vollständigkeit und vollkommner Desoxydation, das ist, halb desoxydirt seyn. Das Säureprincip vermag aber jetzt nicht mehr das mit ihr verbundene Substrat zusammenzuhalten, es hält also so viel es kann, und dieser Theil geht vollständig über, indem der andre vollkommen desoxydirt wird.

In diesem letzten Beweise wird man, nach der gewöhnlichen Ansicht, nicht viel Grund finden. Ich glaube daher, die Sache noch etwas genauer beleuchten zu müssen, und hoffe durch ein Beyspiel, das die Gegner vielleicht selbst am liebsten wählen möchten, das Ganze in ein klareres Licht zu setzen. Wenn ich Salpeter durch die Wärme zerlege, so erhalte ich Sauerstoffgas und Stickgas, und diese enthalten die Bestandtheile der Salpetersäure, die, wenn wir sie verbinden, wieder Säure machen; also, würde man sagen, ist nicht weniger oder mehr Ursache der Acidität, in der herausgetriebenen Säure, als diese vor ihrer Verbindung hatte, denn die Ursache der Acidität liegt weder im Sauerstoff, oder im Stickstoff, sondern in der Vereinigung beyder. Aber, antworte ich, euer Satz, dasz die Salpetersäure nichts sey, als die Verbindung der Lebens-

luftbasis mit dem Azot, ist nicht allein eine unerwiesene, sondern auch eine unrichtige Voraussetzung. Es ist noch niemanden geglückt, und wird gewisz niemand glücken, das Azot mit der Lebensluftbasis in Salpetersäure zu verwandeln, ohne Dazwischenkunft eines neuen Princips, der Elektricität, und, dasz hierin das Säureprincip liegt, wird unten erwiesen werden. —

Das Resultat unsrer bisherigen Untersuchungen, dasz wir es mit wenigen Worten fassen, ist: die Säuren und Basen haben den sie auszeichnenden Charakter ihrem belebenden Princip zu verdanken. Das der einen Klasse ist dem der andern entgegengesetzt. Wenn Säuren und Basen mit einander in Conflict kommen, heben sich daher ihre Charaktere wechselseitig auf. Je gröszer die Kraft der einen ist, je mehr wird die andre erschöpft, und umgekehrt. Wenn eine Säure, über einen gewissen Grad hinaus, ihres belebenden Princips beraubt wird, kann sie nicht mehr für sich bestehen, als qualitative Einheit, sondern zergeht in zwey Gegensätze, wovon der eine mehr, der andre weniger des zurückgebliebenen Princips enthält,[1] (oder vielleicht richtiger, der eine Theil alles vorhandene Princip aufnimmt, der andre vollkommen erschöpft dasteht, ja vielleicht in einen entgegengesetzten Zustand übergeht. Diese Sache ist noch nicht genau genug untersucht.)

Es wäre jetzt zu versuchen, ob wir nicht der Natur dieser Principien, der Acidität und Alkalität, (Basicität, wie sie *Winterl* nennt) näher kommen könnten, aber, ehe wir hierzu schreiten, wollen wir einige Nebenuntersuchungen anstellen, die einen wichtigen Einflusz auf das Ganze haben möchten.

Was ist die Lebensluft?

Dieses gehört jetzt gewisz zu den wichtigsten Fragen, die man sich über das Vorhergehende aufwerfen kann. Sie ist nicht mehr Princip der Säuren, denn diese können schwächer und stärker werden, ohne Lebensluftbasis zu verlieren, oder zu erhalten. Aber doch werden so viele Körper sauer nach der Verbindung mit diesem Stoff, ohnerachtet sie vorher keine merkbare Spur davon enthielten. Dieses alles wird sich erklären, wenn

[1] In wie weit die Basen auch, durch Abstumpfung, zerlegt werden, ist weniger untersucht, obgleich wir Spuren davon haben, p. 151. Aber die Basen redintegriren sich leichter, wie es scheint, durch die Temperatur, und dieses ist vielleicht die Ursache, warum das aus den Verbindungen mit fixen Säuren durch Wärme geschiedne Ammonium so wenig abgestumpft erscheint.

erst bewiesen ist, dasz die Lebensluft eine Säure ist. Der treffendste Beweis hierfür ist wohl, dasz man diese Luft in einem mehr oder weniger sauren Zustande darstellen kann. In halbdesoxydirtem Zustande ist sie oft dargestellt worden, aber in ihrer Natur von den Chemisten verkannt worden, indem man sie für eine Modifikation des Salpetergases hielt, und unter dem Namen, dephlogistisirtes Salpetergas, oder gasförmiges Stickstoffoxyd, aufstellte. Man kann die halboxydirte Lebensluft dadurch bereiten, dasz man reine Lebensluft in Berührung mit liquidem Ammonium, worin Kupferfeile liegt, bringt. Die Lebensluft wird hier, während der Verkalkung des Kupfers desoxydirt. Diese Desoxydation geht aber noch weiter, bis zu einem Grade, wodurch sie noch mehr von ihren wesentlichen Eigenschaften einbüszt, und leicht für Azot genommen werden könnte, wenn sie nicht mit Wasserstoffgas sich verbrennen liesze, obgleich, mit einem schwächeren Knall als vollständige Lebensluft. Wenn man die halbdesoxydirte Lebensluft durch glühende Eisenröhren treibt, erhält man die vollkommen desoxydirte, die *Milner* für Stickgas hielt. Die desoxydirte Lebensluft läszt sich durch Elektricität wieder in oxydirte (saure) verwandeln, wie auch durch Glühhitze. Die Lebensluft verbindet sich doch nicht mit allen Basen, sondern ist am meisten geneigt, sich mit Metallen, (die doch auch Basen sind) zu vereinigen. Mit Salpetergas, mit Salzsäure, mit Phosphor, Schwefel, Arsenik u. s. w., geht diese Säure Synsomatien [1] ein, wodurch mehrere unter ihnen saurer werden, andre aber weniger sauer. Die halbdesoxydirte Lebensluft verbindet sich nicht mit den Metallen, und geht auch mit den vorher genannten Säuren keine Synsomatien ein. Dagegen verbindet sie sich nun mit dem Hydrogen leichter.

Die Lebensluft kann auch hyperoxydirt werden, welches geschieht, wenn man sie durch Glühhitze aus den Metallen austreibt. Aus einem Gemisch von dieser Luft und Stickgas wird nicht eigentliche athmosphärische Luft hervorgebracht, sondern ein Gemisch, worin die hyperoxode Natur noch kennbar ist.

Was sind die rauchenden Säuren?

Die Erfahrung wird uns leicht hierüber belehren. Dieselben Salze, die durch Verbindung einer faden Basis, mit einer vollstän-

[1] Synsomatie wird eine Verbindung zweyer Körper einerley Art (Säure mit Säure, Basis mit Basis u. d.) genennt.

digen Säure entstehen, erhält man auch, wenn man eine vollständige Basis mit einer rauchenden Säure verbindet. Die vollständigen Basen entziehen aber den Säuren mehr Säureprincip als die unvollständigen, also müssen die rauchenden Säuren, die, nach der Verbindung mit den ersten, eben so viel Acidität behalten, als die gewöhnlichen Säuren, in ihrer Verbindung mit den letzteren, um so viel mehr Säureprincip enthalten. Sie können also übergesäuerte, hyperoxode, genannt werden. Dieses wird noch, durch folgende Erfahrungen bestättiget. Schweflichte Säure, die im zweyten Grade desoxydirt, und in diesem Zustande mit einer vollständigen Basis verbunden ist, wird nicht durch gewöhnliche verdünnte Schwefelsäure redintegrirt und ausgetrieben; durch rauchendes Vitriolöl läszt dieses sich aber zu wege bringen, wie auch durch andre rauchende Säuren.

Es giebt vier Arten, die Säuren zu hyperoxydiren. 1) Sie mit Metalkalken zu verbinden, und durch Wärme sie wieder heraustreiben. 2) Die koncentrirten Säuren mit einer faden Basis, unter dem Saturationspunkt, zu verbinden. Indem der eine Theil der Säure sich mit der faden Basis sättiget, giebt er einen Theil seines Säureprincips an die übrige ab. 3) Wenn eine Säure aus einem trocknen Neutralsalz, durch eine rauchende Säure ausgetrieben wird, geht auch das überflüszige Säureprincip der letzteren in sie über. Wenn man zu einer koncentrirten Auflösung von Schwefelleber Vitriolöl setzt, so entwickelt sich die Luft daraus mit einem unerträglichen bituminösen Geruch, der das Gehirn einnimmt. Wenn rauchendes Vitriolöl über Kreide gegossen wird, so entwickelt sich blos ein weisser Dampf, den niemand vertragen kann. 4) Die leuchtende Temperatur (Glühhitze) ist auch im Stande Säureprincip bis auf einen so hohen Grad mitzutheilen, wovon nachher mehr.

Wenn Lebensluft mit Schwefel oder Phosphor Synsomatie eingeht, ist die vermehrte Acidität dem aus den benachbarten Körpern angezognen Säureprincip zuzuschreiben.[1] In andern Fällen könnte diese Vergröszerung der Acidität daher kommen, dasz das Säureprincip in dem Product nicht so fest gebunden wäre, als in den dasselbe constituirenden Bestandtheilen.

[1] *W.* führt als Beyspiel an, dasz befeuchtetes Schwefelkali nicht allein dem Salpetergas Lebensluft entziehe, sondern auch Säureprincip, und es in halbdesoxydirte Lebensluft verwandle.

Es scheint eine der bisher vorgetragenen Theorie widrige Thatsache zu seyn, dasz Säuren, die aus Verbindungen mit Metallkalken ausgetrieben sind, hyperoxydirt werden; denn die Metallkalke sind doch meistens Basen, und sollten also die Säuren abstumpfen, und nicht stärker machen. Hierbey musz man aber in Erwägung ziehen, dasz die Metallkalke schon mit Lebensluft verbunden sind, also Säureprincipe schon haben, so dasz man die neue mit den Säuren eingegangenen Verbindungen als Uebersättigungen betrachten kann, wobey selten merkliche Abstumpfung statt findet. Ohne dem sind viele Metallkalke schon saurer Natur, und gehen mit den übrigen Säuren Synsomatien ein, wodurch noch weniger eine Abstumpfung verursacht wird. Dieses erklärt aber noch nicht dieses Phänomen, sondern hebt nur einen Theil der Schwierigkeiten. Es scheint aber, dasz die Metalle, ob sie gleich basischer Natur sind, gleichsam eine Sphäre von Säureprincip haben; denn wenn man unedle Metalle, besonders Eisen, in nichtrauchende Vitriolsäure bringt, so verwandeln sie die benachbarten Theile derselben in eine krystallinische Masse, sie raucht, und endlich steigt sie in Form von Flocken in den obern Theil des Glases auf, und bildet ein dem krystallinischen flüchtigen Theil des Vitriolöls vollkommen ähnliches Salz, und doch lösen sich die Metalle hierbey nicht auf. Die edlen Metalle haben diese Eigenschaft nicht, sondern scheinen eher mit der entgegengesetzten Kraft begabt, indem eine Portion krystallinisches Vitriolöl in einem silbernen Löffel in 6 Minuten zerflosz, da eine gleiche Portion in einem eisernen Löffel sich lange fest erhielt, unerachtet der aus der Atmosphäre angezogenen Feuchtigkeit. Von einigen unedlen Metallen lehrt die Erfahrung, dasz sie sich in rauchenden Säuren nicht auflösen, ja sogar, nach einer Berührung mit den rauchenden Säuren, sich nicht von den andern angreiffen lassen. Bley, das wenig Minuten mit rauchender Salpetersäure in Berührung gewesen, und geschwind abgewaschen wird, löszt sich jetzt nicht in gewöhnlicher Salpetersäure auf. Dieses hat auch *Keir* bey dem Eisen beobachtet. Das so durch rauchende Salpetersäure veränderte Eisen sah *W.* seine Kraft in einem isolirten silbernen Löffel nicht verlieren. Als aber mehrere Personen, deren Hände mit einander in Berührung waren, eine Kette bildeten, und die eine der äussersten einen silbernen Löffel hielt, indem die andre das Eisen darein legte, verlohr dieses die den Säuren wider-

stehende Kraft.[1] Wenn aber auch die Säuren[2] eine Atmosphäre von Säureprincip haben, so ist doch ihre innere Natur basisch, welches daraus zu ersehen ist, dasz sie die Säuren, und unmittelbar die Lebensluft anziehen. Merkwürdig ist es, dasz das Wasser, eben so wohl wie die Basen, den Hyperoxoden ihr übersättigendes Princip entzieht, sie aber nicht weiter abstumpfen kann. Dieses kann man damit vergleichen, dasz Säuren, die mit Basis supersaturirt sind, diese fahren lassen, wenn Wasser dazu kommt. Z. B. Essig oder Salpetersäure, die lange über Glätte gestanden hat. Mit andern Worten: das Wasser stumpft den Theil der Säure ab, der mit geringerer Kraft die Basen anzieht; denn der übersättigende Theil wird am schwächsten angezogen[3]. Dasz das Wasser von basischer obgleich schwacher Natur ist, ist daher begreiflich, dasz das Wasser aus vollkommen desoxydirter Lebensluftbasis und Wasserstoff zusammengesetzt sey, diese letzte ist aber basischer Natur. Eine Basis aber, ob sie gleich sehr schwach ist, kann doch etwas von ihrer Natur zurückbehalten haben, wenn sie nur mit einer höchst desoxydirten Säure verbunden ist. Hierzu kann noch gesetzt werden, dasz das Wasser zwar an sich indifferent ist, aber dasz eine jede Temperaturveränderung hierin eine Veränderung macht, so dasz Wasser in höherer Temperatur mehr basisch, in niedrigerer, unter Null aber mehr sauer ist. Auf diesen Satz werden wir später wieder kommen.

Eine Erfahrung, die mit dieser Theorie schön übereinstimmt, ob sie gleich nicht für beweisend genommen werden mag, kann ich hier nicht vorbeygehen lassen. Wenn man rauchende Salpetersäure, die feuerroth ist, und den höchsten Grad von Oxydation besitzt, mit Wasser vermischt, wird sie gelb, mit mehr grün, mit noch mehr blau, und geht endlich mit einer groszen Menge Wasser in Farbenindifferenz, oder richtiger, in eine solche Verdünnung, dasz wir keine Farbe darin mehr bemerken können, über. Aus *Ritter's* Versuchen ist es aber bekannt, dasz das Roth im Farbenbilde, der höchste Ausdruck für Oxygeneität ist, und, dasz die andern Farben

---

[1] *W.* sieht diese Versuche nicht als vollkommen aufklärend und befriedigend an, vermuthet aber sehr richtig, dasz diese Phänomene mit den Galvanischen in Zusammenhang stehen.

[2] [ɔ: Metalle?]

[3] Mir kommt es mehr wahrscheinlich vor, dasz die Basis noch hier mit Säure übersättiget wäre, besonders weil der Wismuthkalk, der auf ähnliche Weise aus der Salpetersäure gefällt ein salpetersaurer Wismuthkalk, obgleich mit sehr wenig Säure, ist.

eben in dem Grade folgen, wie hier bey der Verdünnung der Salpetersäure.[1]

Was ist Ursache der Kausticität?

Ist eine Frage, die schon längst beantwortet scheint, und es giebt vielleicht wenige, um die man sich jetzt weniger bekümmert. Die Salzbasen sind kaustisch, in so weit sie eine starke auflösende Kraft auf andere Körper, besonders auf thierische zeigen. Diese Eigenschaft käme ihnen also ursprünglich zu, und die Frage müszte nicht seyn, von der Ursache der Kausticität, sondern von der, der Nichtkausticität der ursprünglich und an sich kaustischen Salzbasen. Diese Ursache der Nichtkausticität finden wir in allen Umständen, die die ursprüngliche Kraft dieser Basen abstumpfen können, insonderheit in der Verbindung mit den Säuren, selbst den schwachen, z. B. Kohlensäure. So ist die gewöhnliche Ansicht, und es scheint, dasz wir, auf unserm schon eingeschlagnen Weg, keine Ursache hätten, hiervon abzuweichen, da wir eben gesucht haben, über die Abstumpfung der Basen durch Säuren mehr Licht zu verbreiten. Wenn wir aber nicht ein solches Princip unsres Systems wegen brauchen, so wird es vielleicht ein um so grösserer Beweis unsrer Aufmerksamkeit seyn, wenn wir gleichwohl ein solches entdecken. Die kaustischen Salzbasen werden, wie bekannt, an der Luft milde, und verdanken diese Veränderung der Kohlensäure, die sie angezogen haben. Wenn wir sie der Kohlensäure wieder berauben, ohne sie mit einer andern Säure zu verbinden, erhalten sie ihre Kausticität wieder, und nichts möchte also unwahrscheinlicher beym ersten Anblick scheinen, als anzunehmen, dasz die Kohlensäure doch Ursache der Kausticität werden könnte. Wir wollen uns aber hierdurch nicht abschrecken lassen, sondern streng prüfen, ob diesem Schein auch eine Wahrheit zu Grunde liegt. Eine solche ernsthafte Prüfung nützt Wissenschaften in demselben Grade, in welchem das blinde Annehmen sie zu Grunde richtet.

Kohlensäure macht die kaustischen Alkalien milde, ist die erste Einwendung, die uns entgegenkommt, und die wir auch schon be-

---

[1] *Richter* fand eine Salpetersäure, wo in 1000 Theilen Flüszigkeit reiner Säuregehalt war: $302,^{0}$ etwas bläulich; $331,^{7}$ bläulich; $372,^{8}$ grünlich blau; $307,^{7}$ grün; $368,^{7}$ dunkelgrün*; $524,^{6}$ gelblich grün; $577,^{6}$ gelbgrün; $608,^{9}$ gelb; $678,^{4}$ hochgelb; $723,^{2}$ feuerroth; $812,^{7}$ dunkel feuerroth; $853,^{0}$ dunkelste Feuerfarbe.

---

* [Statt $307,^{7}$ und $368,^{7}$ ist unzweifelhaft $407,^{7}$ und $468,^{7}$ zu lesen.]

merkt haben. Dieses ist vollkommen wahr. Daraus flieszt aber nichts weiter, als dasz die Kohlensäure, wenn sie Ursache der Kausticität seyn sollte, in einem ganz andern Zustande da seyn müszte, als in dem, worinn sie die Basen abstumpft. So lange man nicht mehr als einen Zustand der Kohlensäure kannte, konnte man nicht auf diesen Schlusz fallen, jetzt aber, da wir wissen, wie sehr sie verändert werden kann, ist der Weg zu dieser Untersuchung uns geöffnet.

Wir wollen unsre Untersuchung an ein Beyspiel anknüpfen; sie wird dadurch erleichtert, und die Anwendung auf das Allgemeine wird nicht schwer fallen. Wenn kohlensaurer Kalk kaustisch gemacht werden soll, so treibt man durch Wärme eine Menge Kohlensäure daraus heraus; nun sind aber hierbey zwey Fragen zu beantworten, nemlich: wird alle Kohlensäure aus dem Kalk ausgetrieben? und, wenn Kohlensäure darin zurückbleibt, von welcher Beschaffenheit musz diese seyn?

Aus dem kaustischen gebrannten Kalk, der mit Wasser gelöscht worden ist, treibt die Salpetersäure noch eine ziemliche Menge Kohlensäuregas heraus. Es ist also in kaustischem Kalke noch Kohlensäure. Diese musz aber sehr verändert seyn, denn wir haben ja oben erwiesen, dasz eine Säure um so viel mehr abgestumpft wird, mit je mehr Basis man sie verbindet, so dasz eine Säure, die sich sonst als symplect zeigt, durch Vereinigung mit sehr viel Basis, dialyt werden kann. Dieses ist eben mit der Kohlensäure der Fall. Dieses läszt sich aus mehreren Versuchen beweisen. *Priestley* erhielt bey Brennung des Kalks, am Ende der Operation, eine Luft, worin ein Licht brannte. Im Anfang gieng nemlich die Kohlensäure als symplect über, als aber nur wenig zurück war, in Verhältnisz zu der groszen Menge Kalk, ward sie resolvirt.

Als man zu einem Pfund im Wasser gelöschten gebrannten Kalk, der noch fast ganz im Wasser zergieng, ohnerachtet er schon mehrere Jahre aufbewahrt gewesen war, kleine Quantitäten von geruchloser Salpetersäure setzte, entstand ein merkliches Aufbrausen, aber das Wasser, womit der Hals der Flasche gesperrt war, oder eine angebundene Blase ward nicht abgestoszen, sondern angezogen. Dieses Anziehen verminderte sich doch nach und nach, und zuletzt ward die Blase mit fixer Luft aufgeblasen, und in der Flasche blieb etwas Kreide, oft der zwölfte Theil des angewandten

Kalks, zurück. Wenn aber auf ein Mal viel Salpetersäure zugegossen wird, so entwickelt sich eine Luft, in der ein Licht mit vermehrter Flamme brennt; doch wird diese Luft in dem folgenden Moment wieder absorbirt. Die Erklärung hiervon ist ohne Zweifel diese: wenn Salpetersäure dem Kalk zugesetzt wird, so entwickelt sich unvollständige Kohlensäure, die sich aber bey der Berührung mit der atmosphärischen Luft, in dem Gefäsze, redintegrirt, und einen Theil davon absorbirt. Wenn dieses eine Zeitlang gedauert hat, ist so viel Kohlensäure entbunden worden, dasz das Gefäsz damit angefüllt wird. Wenn auf ein Mal viel Säure zugesetzt worden, so entwickelt sich viele unvollständige Kohlensäure, die erst nach einigen Momenten atmosphärische Luft genug anziehen kann, um die Absorbtion merklich zu machen.[1]

Nun sehen wir den Grund ein, warum Kalk durch übermässiges Brennen nicht kaustisch, sondern todt wird, weil die noch damit verbundene resolvirte fixe Luft auch ausgetrieben wird, und also ein sehr wesentlicher Unterschied zwischen diesem, und dem wie gewöhnlich gebrannten Kalk, statt hat.

Auch das Factum, dasz der kaustische Kalk sich viel langsamer in den Säuren, besonders den schwachen auflöset, als der milde, klärt sich hierbey, auf eine unerwartete Weise, auf.

Die Luft, die Minium, mit Hülfe der Vitriolsäure giebt, ist nicht Lebensluft, wie man gewöhnlich dafür hält, sondern resolvirte fixe Luft. Wenn man statt dieser Säure Salpetersäure dazu setzt, so erhält man eine vollständige fixe Luft, weil diese Säure die unvollständige fixe Luft redintegrirt. Dasz die Kohlensäure, die im Minium enthalten ist, nicht vollständig sey, läszt sich schon daraus abnehmen, dasz Ammonium, durch diesen Metallkalk, ohne Spur von Kohlensäure, ausgetrieben wird. Die atmosphärische Luft ist auch im Stande, die unvollständige fixe Luft zu redintegriren, doch nicht sowohl im Kalk, als im Kalkwasser, das, wenn es mit einer groszen Menge, zuvor durch Kalkwasser abgewaschener, atmosphärischen Luft in Berührung gesetzt wird, noch eine Kruste annimmt.

Aber, wird man sagen, das Kali wird kaustisch, indem es seine fixe Luft dem Kalke abtritt. Dieses ist aber nach dem Vor-

[1] Ist diese resolvirte Kohlensäure nicht ebendieselbe, die *Morazzo** erhielt, als er Quecksilber oder Bley in Kohlensäure verkalkte, und, bey Verminderung derselben, sie in ein Gas verwandelte, worinn ein Licht lebhaft brannte?

* [ɔ: Morozzo?]

hergehenden leicht zu beantworten. Es ist ja nicht nothwendig, dasz die Potasche alle ihre fixe Luft an den Kalk abgeben sollte: ein Minimum kann sie noch zurückbehalten, — oder richtiger: sie redintegrirt die unvollständige fixe Luft des Kalks, wodurch die ihrige in den Zustand versetzt wird, in welchem die des Kalks vorher war.

Schwieriger scheint es aber, die Einwendung zu beantworten, dasz salpetersaurer Kalk, durch Feuer zerlegt, kaustischen Kalk hinterläszt. Man hat aber noch nie bewiesen, dasz die Salpetersäure alle Kohlensäure aus dem Kalk austreibt. Es wäre also wohl möglich, dasz er noch eben den Theil zurückbehielt, der ihn kaustisch macht. Dafür spricht auch die Erfahrung, dasz der salpetersaure Kalk den Geschmack von lebendigem Kalk noch hat. Salzsäure verbindet sich schwerer mit dem Kalk, aber scheidet sich ebenfalls auch schwerer davon. Sie hat also vor der Verbindung, geringere Anziehung, und nach ihr stärkere, als die Salpetersäure. Dieses liesze sich daraus erklären, dasz die Salzsäure einen Widerstand vor der Verbindung zu überwinden hätte, was mit der Salpetersäure nicht der Fall wäre. Auch liesze sich die Sache noch aus einem andern Gesichtspunkt betrachten, indem nemlich die Kohlensäure und die Salpetersäure, wie nachher erwiesen werden wird, beyde Andronia enthalten, und also eine Umwandlung der einen in die andere vorgehen könnte.

Uebrigens ist es zur Bestätigung der erstern Ansicht nicht aus dem Wege, zu bemerken, dasz oft die Säuren nicht alle Kohlensäure aus der Verbindung mit einer Basis austreiben, so allgemein man auch dieses glaubt. Durch Salpetersäure trieb *Wiegleb* $0,^{35}$ Kohlensäure aus dem kohlensauren Kali, durch Salzsäure gab dasselbe ihm nur $0,^{30}$, und mit Vitriolsäure $0,^{25}$. Also ist eine Menge Kohlensäure noch in den letzten zwey Verbindungen zurückgeblieben. Aus kohlensaurem Strontian erhielt *Buchholz*[1] durch Salzsäure $0,^{30}$ Theile Kohlensäure, durch Salpetersäure aber nur $0,^{25}$. Aus Witherit erhielt derselbe durch Salpeter- und Salzsäure $0,^{20}$ Kohlensäure, mit Schwefelsäure hingegen nur $0,^{14}$. Nachdem der Witherit gehörig mit Vitriolsäure behandelt war, und noch freie Säure sich zeigte, ohnerachtet keine Kohlensäure sich mehr abschied, setzte *B.* Salzsäure dazu, wodurch ein neues Aufbrausen entstand. Weinsteinsaurer Kalk (mit Weinstein und Kreide be-

[1] [ɔ: Bucholz?]

reitet) brauszt noch mit Vitriolsäure. *Priestley* erhielt fixe Luft aus den Neutralsalzen. Essigsaures Kali wird, nach *Kartheuser*[1], durch fixe Luft krystallisirbar.

Um ein eignes Princip der Kausticität zu beweisen, haben wir jetzt noch die Darstellung einer nichtkaustischen und doch nicht abgestumpften Basis zurück. Dieses geschieht folgendermaszen. Der Baryt, der aus seiner Verbindung mit Salpetersäure im Feuer geschieden wird, ist fad und nichtkaustisch zugleich. Wenn dieser, im Wasser aufgelöst, nach und nach, der Auflösung des kaustischen Kali zugesetzt wird, so erscheint ein Bodensatz, der zum Theil von der Schwefelsäure, die fast allezeit mit dem Kali verbunden ist, zum Theil aber von dem Kausticitätsprincip herrührt. Dieser letzte Theil des Präcipitats ist in solchen Säuren, die Hydrogen enthalten, leicht, in den übrigen aber wenig auflösbar. Das so behandelte kaustische Kali, das vorher nicht ohne das schmerzhafteste Gefühl in den Mund genommen werden konnte, läszt sich jetzt ohne Schwierigkeit im Munde halten, ob es gleich seinen alkalischen Geschmack nicht verlohren hat. Der gefällte Baryt hingegen ist durch diese Operation zwar kaustisch aber nicht vollständig geworden.

Das Verhalten des Alkohols zu den Säuren ist merkwürdig genug, um auch eine Untersuchung zu veranlassen.

Wenn eine Säure mit Alkohol gekocht wird, so verliert sie von ihrer Acidität. Ist die Säure fix, und der Alkohol wird abdestillirt, so bleibt die Säure mit weniger Acidität zurück, und der Alkohol wird zum Theil in Naphtha verwandelt, also den Säuren näher gebracht.

(Um dieses zu erläutern, stelle man sich vor, alle brennbare Flüszigkeiten könnten in eine Reihe gestellt, und nach ihren Eigenschaften geordnet werden. Wir wollen von den fetten Oelen anfangen. Diese unterscheiden sich von den übrigen durch ihre vollkommne Unauflösbarkeit in Wasser, durch ihre geringere Flüchtigkeit, und durch die Leichtigkeit, womit sie die Basen auflösen. Durch diese letzte Eigenschaft nähern sich die fetten Oele wirklich den Säuren. Auch geben sie durch Destillation eine Säure, die Lebensluft enthält, ohne Zutritt der Lebensluft, woraus zu schlieszen ist, dasz diese Flüssigkeiten nicht blos aus Kohlenstoff und Wasserstoff, sondern auch aus Lebensluftstoff bestehen,

[1] [ɔ: Cartheuser].

und vielleicht aus Kohlenoxyd und Wasserstoff zusammengesetzt sind. Die empyrevmatischen, und noch mehr die ätherischen Oele, weichen von dieser sauren Natur in verschiedenem Grade ab, und die flüchtigsten darunter lassen sich blos, wenn ihre Natur völlig verändert ist, mit den Basen verbinden. Die Naphthen stehen zwischen den ätherischen Oelen und dem Alkohol, und dieser letzte ist also, in dieser Reihe der brennbaren Flüszigkeiten, die den Basen am nächsten kommen).

Weinsteinsäure ward mit zehnmal so viel Alkohol gekocht, und dieser danach abdestillirt, in eine gummiartige Masse, die zwar sehr sauer war, und zugleich metallisch schmeckte, Veilchensaft aber nicht veränderte, verwandelt.

Boraxsäure, mit einer gleichen Quantität von Alkohol behandelt, ward in ein graues, ganz und gar nicht saures, Pulver verwandelt.

Um Alkohol im wahre Naphtha zu verwandeln, ist es nothwendig, dasz die Säure Ueberflusz an Säureprincip besitze, rauchende Säure sey, oder doch das Säureprincip schwach anziehe, welches Statt findet, wenn viel Basis der Lebensluft mit der Säure verbunden ist.

Der Alkohol, der in Naphtha übergeht, kann durch mehr Säureprincip in Oel, das Oel in Kohle, die Kohle durch hinzukommende Lebensluft in fixe Luft übergehen. Selbst die atmosphärische Luft, wenn sie viel Säureprincip enthält, wird dadurch in fixe Luft verwandelt.

Merkwürdig ist es, dasz der Alkohol einen Theil des Säureprincips austreibt, im eigentlichsten Sinne des Worts, ohne es zu absorbiren. Denn, wenn man Vitriolöl in einen verschlossenen Raum bringt, worinn Naphtha aus Alkohol, mit Hülfe einer rauchenden Säure, gebildet wird, so verwandelt diese sich in krystallinische, die hyperoxod ist.

Wasser ist zur Bildung vieler Gasarten nothwendig.

Dieses ist in der antiphlogistischen Chemie bis hieher fast gänzlich übersehen worden; und doch ist es nicht zu läugnen, dasz dieses eine Wahrheit von äuszerster Wichtigkeit ist. Von der schweflichten Säure läszt sich durch Destillation nichts austreiben, wenn keine Feuchtigkeit da ist. Wenn man vier Theile Salmiak mit 3 Theilen Kalk destilliret, erhält man nur

einen Theil des Ammoniaks, wenn man aber, nachdem keines mehr übergehen will, Wasserdämpfe zuleitet, so erhält man eine neue Quantität desselben. Dieses kann oft wiederholt werden. Die Kohlensäure erfordert zu ihrer Gasform sehr viel Wasser. Darum läszt der Kalk im Brennen nicht alle diese Säure fahren, weil das Wasser zur Gasbildung dazu mangelt. Wenn man abermals Wasser dazu kommen läszt, giebt dieser, schon einmal gebrannte Kalk, abermals Luft. Der Witherit giebt, wie bekannt, seine Kohlensäure nur äuszerst unvollkommen in der Glühhitze ab, wogegen dieses ohne Schwierigkeit geschieht, wenn Wasserdämpfe darüber streichen. Die Genauigkeit eines *Priestley* bürgt uns für die Richtigkeit dieser Thatsache, und die späteren Untersuchungen des tiefforschenden *Berthollet* haben noch mehr das Daseyn des Wassers in dem kohlensauren Gas bewiesen.

Schwefel.

Der Schwefel spielt eben sowohl die Rolle einer Säure, als die eines Verbrennlichen, nur nicht mit der Energie. Aber wer würde wohl dem Schwefel die saure Eigenschaft abläugnen, da er mit den basischen Substanzen sich verbindet, und diese abstumpft wie eine Säure. Er ist aber eine fade Säure, die sich zwar noch mehr desoxydiren läszt, aber, wie es scheint, nicht umgekehrt mehr Säureprincip aufnehmen kann. Hierbey ist doch zu bemerken, dasz, eben so wie eine Säure, wenn sie desoxydirt wird, oft resolvirt wird, und also einen Bestandtheil verliert, sie auch umgekehrt, wenn sie redintegrirt wird, einen neuen Bestandtheil wiederfordern musz. Dieses findet eben mit dem Schwefel Statt. Man braucht ihn nur mit Hydrogen in Verbindung zu bringen, so nimmt er leicht mehr Säureprincip an, und äussert alle Eigenschaften einer Säure.

Wenn man Schwefelleber (mit einer fixen alkalischen oder erdigten Basis) mit 3 Mal so viel Wasser destillirt, so erhält man, ausser Azotgas und ein wenig geschwefeltem Wasserstoffgas, eine Flüssigkeit, die desoxydirten Schwefel enthält, und die meisten Metalle mit einer schwarzen Farbe fällt. Mit einem neuen Triplum giebt es einen noch mehr veränderten Schwefel, der in gröszerer Menge die Präcipitate wieder auflöszt, besonders die des salpetersauren Quecksilbers (in der Kälte bereitet), des essigsauren Bleys, des vitriolsauren Zinns und Kup-

fers, so auch des Goldes und des Silbers. Diese Auflösungen sind erst grau, nachher werden sie farbenlos, (die kupfrigten werden blau), und es erscheint ein schwarzer Bodensatz. Dasz die Säuren hierbey dem im zweyten Grade desoxydirten Schwefel Säureprincip abgegeben haben, um ihn wieder zum ersten Grade zurückzubringen, erhellt daraus, dasz einige unter ihnen, besonders die Salzsäure, jetzt so leicht wie Wasser, gefrieren, eine Eigenschaft, von der sie im vollständigen Zustande weit entfernt waren.

VON DER

ANDRONIA.

VON DER ANDRONIA.

I.

Charaktere der Andronia.

In allen Reichen der Natur befindet sich ein bisher unbekannter Stoff verbreitet, der folgende Eigenschaften besitzt.

A) Er ist sauer, und verbindet sich mit allen Basen, ausgenommen mit dem Ammonium.

B) Wenn er nicht mit Lebensluft, oder einer anderen Säure in Berührung ist, ist er feuerbeständig, und kann in einem Tiegel geglüht werden, ohne sich zu verflüchtigen, wenn er nur mit ausgeglüthem Rusz bedeckt ist.

C) Er geht mit den Säuren Synsomatie ein, und

a) Benimmt ihnen dabey einen Theil ihrer Kapacität für die Basen, so dasz die Säuren, die damit verbunden worden sind, weniger von den Basen auflösen können, als vorher;

b) Wird durch keine Basis aus den Säuren getrennt;

c) Kehrt in der Schwefelsäure, und vielleicht auch in andern Säuren, die Affinität zu den Basen um, so dasz die Metallkalke in der Ordnung zu oberst kommen, dann die Erdarten, und endlich die Alkalien. Diese Verwandtschaft ist auch die der reinen Andronia.

d) Mit Lebensluft giebt er entweder

α) Azotgas, oder

β) Kohlensäuregas.

Das erste erhält man, wenn weniger, das letzte hingegen, wenn mehr Lebensluft in die Verbindung eingeht. In letzterem ist aber auch mehr Säureprincip, und vielleicht macht auch Wasser einen wesentlichen Bestandtheil davon aus, wie mehrere im Vorhergehenden angeführten Umstände glauben lassen.

γ) Mit sehr viel Lebensluft und Säureprincip scheint es Salpetersäure zu geben.

D) Mit Hydrogen giebt er die Materien, die den gröszten Theil der organischen Körper ausmachen. Die kräftigsten Nahrungsmittel, Milch, Eyweisz, u. s. w. enthalten ihn.

E) Mit den Metallkalken, die wenig Sauerstoff enthalten, geglüht, giebt er entweder Azot, oder Kohlensauergas. War mehr von diesem Stoff dabey, als zur Reduktion nothwendig war, so scheint ein Metallkalk zurückzubleiben, der aber eine Verbindung aus diesem Stoff und Metall ist, und wenn er Lebensluft angezogen hat, wieder Azotgas giebt.

Dieser mag den Namen Andronia führen, da wir vielleicht in der Folge einen andern Stoff basischer Natur finden könnten, der mit der Andronia darin übereinkäme, dasz er ebenfalls ein Bestandtheil der allermeisten Körper wäre, und so — als Thelyca — den Gegensatz der Andronia bildete.

II.

Darstellung der Andronia.

In der Kohle musz die Andronia nach dem Vorhergehenden enthalten seyn. Man erhält sie auch wirklich, wenn man Kohle mit Salpeter verpufft. Die zurückgelassene Potasche enthält so viel davon, dasz ein Theil auf dem Filtrum zurückbleibt.[1] Diese Andronia ist aber nicht ganz rein, sondern mit Schwefelwasserstoff verunreiniget. Reichlicher und im reinen Zustande erhält man sie aus der Potasche. Da diese durch Wasser aus der Holzasche ausgezogen ist, enthält sie die Andronia der Kohle. Aus dieser Verbindung läszt sich aber die Andronia sehr rein ausscheiden, und vielleicht reiner, als aus den meisten andern Substanzen.[2] Zuerst musz man die Kieselerde, die in jeder Potasche enthalten ist, davon trennen, welches geschieht dadurch, dasz man die klare mit destillirtem Wasser bereitete Auflösung davon in einen Keller setzt, um sie mit Kohlensäure zu sättigen; hierdurch wird die Kieselerde ausgeschieden, und legt sich an die Seiten des Gefäszes an. Das Flüszige wird abgegossen, filtrirt, und wird in einen Keller gesetzt, damit alle Kieselerde sich ausscheide. Wenn diese ganz abgeschieden ist, sind zwey Wege offen, um sich die Andronia zu verschaffen. Es geschieht nemlich, entweder, durch

[1] *Scheele* hielt sie für Kiesel. [2] *Pelletier* hielt sie für Kiesel.

Erkältung, oder, durch Zusatz von Säuren. Will man den ersten Weg einschlagen, so verdünnt man, gleich nach der ersten Filtration die Auflösung[1] mit 4 Theilen destillirtem Wasser, (weil sie sonsten nicht gefriert), und, wenn sie keine Kohlensäure mehr absorbiren will, welches leicht durch eine übergewölbte Flasche mit Kohlensäure probirt werden kann, so wird sie bey sehr kalter Temperatur aus dem Keller in die Luft gebracht, und, wenn sie die Temperatur desselben[2] angenommen hat, in ein anderes eben so kaltes Gefäsz gesetzt, und mit abwechselnden Lagen von Schnee und Eis umgeben. Bey der ersten Abnahme der Temperatur sondert sich schon Andronia ab, und je mehr diese fällt, je stärker ist die Ausscheidung. Die vollkommenste findet aber nur Statt, wenn der gröszte Theil des Wassers gefroren ist. Das Eis wird dann mit einem kalten siebförmigen Löffel herausgenommen, und das übrige durch ein kaltes Filtrum gelassen, wo man denn eine grosze Menge Andronia erhält; die Auflösung aber, die durch das Filtrum gegangen ist, wird reiner seyn. Will man den andern Weg einschlagen, so läszt man die Auflösung vollkommen concentrirt, wo dann die Ausscheidung der Kieselerde weit geschwinder glückt. Bey der Filtration lasse man sie noch in der Kellertemperatur, damit die Andronia, die sich bey einer Temperaturabnahme abscheiden möchte, nicht die Filtration verhindere, indem sie die Poren des Filtrums versetzt. Gieszt man die Auflösung zu einer Säure, so scheidet sich keine Andronia aus, wenn man aber der Auflösung eine Säure zusetzt, erhält man sie sogleich. Im ersten Fall nemlich löszt die freye Säure gleich die abgesonderte Andronia wieder auf, und es kann daher keine als Bodensatz erscheinen. Die Ausscheidung im zweyten Falle geschieht eigentlich nicht durch die zugesetzte Säure, sondern durch die Kohlensäure, die dadurch abgeschieden wird; denn eine kaustische Potasche, womit man eben so viel Andronia verbunden hat, wie in der gewöhnlichen Potasche zu finden ist, giebt weder durch Gefrieren, noch durch Säuren diese zurück, sobald sie aber etwas Kohlensäure angezogen hat, verhält sie sich wie die gewöhnliche. Man musz also dafür sorgen, die Kohlensäure nicht zu verlieren. Man musz also 1) eine kalte Temperatur zur Abscheidung der Andronia wählen; 2) die Säure bis auf den Grad verdünnen, dasz ein ununterbrochen in die Auflösung davon fallender dünner Strahl

[1] Wahrscheinlich musz diese vollkommen gesättiget seyn. [2] [ɔ: derselben].

kein Aufbrausen verursacht; 3) wird über die Auflösung ein gläserner Trichter, der sich in ein Haarröhrchen endiget, so aufgehangen, dasz die Spitze sich fast in Berührung mit der Flüszigkeit befindet, und dasz man ihn nach und nach bequem höher heben kann, wie das Volumen der Flüszigkeit zunimmt; 4) in diesen Trichter wird die verdünnte Säure gegossen. 5) Die Flüszigkeit wird mittlerzeit langsam aber unaufhörlich mit einer gläsernen Röhre in Bewegung gehalten, weil sonst die Säure blos in dem obern Theil des Gefäszes sich aufhalten würde; 6) wenn das Lixivium anfängt, merkbar trübe zu werden, und die Andronia sich als eine Gelatina abscheidet, hört man auf Säure zuzugieszen, da die weitere Absonderung dann binnen wenigen Minuten von selbst vor sich gehen wird; 7) man nimmt die Filtration nicht eher noch später vor, als bis der obere Theil der Auflösung wieder klar geworden ist; denn läszt man sie länger stehen, so fängt die Kohlensäure an wieder wegzugehen, und ein Theil der Andronia kehrt zu der Potasche zurück, und hinterläszt ein anderes Produkt; aber auch früher kann man die Filtration nicht anfangen, weil sich sonst noch Andronia in den Poren des Filtrums abscheiden und so die Filtration hindern könnte; 8) zu der filtrirten Flüszigkeit bringe man unverzüglich wieder Säure, auf die vorher beschriebene Art, um zu erfahren, ob noch mehr Andronia abgeschieden werden könne. Ruhig hingestellt setzt sich zwar ein Bodensatz, dieser ist aber keinesweges reine Andronia, sondern ein Salz aus dieser und Glucine;[1] 9) die Andronia läszt auf dem Filtrum kein Wasser durch, und kann daher auf gewöhnliche Weise nicht gereiniget werden, sondern musz so oft mit reinem Wasser in einem gläsernen Mörser gerieben und nachher filtrirt werden, als das abflieszende Wasser noch gesättigte Metallauflösungen präcipitirt.

III.

Von den Synsomatien der Andronia.

Die Andronia verbindet sich zwar nicht mit dem einfachen Schwefel *(sulphur simplicissimum)* bey der gewöhnlichen Tem-

[1] Man kann dieses Salz zerlegen, entweder indem man die Glucine durch Salpetersäure davon trennt, oder noch besser durch kaustische Potaschenlauge, die in sehr geringer Menge angewandt, und mit Hülfe der Bewegung, in ein paar Wochen eine Menge Andronia auflöst, und jene Erde zurückläszt, die in Salpetersäure aufgelöst, und mit kaustischem Ammonium präcipitirt wird.

peratur, durch eine Digestion läszt sich aber diese Verbindung bewerkstelligen, und stellt einen festen Schwefel dar, der im Feuer zu einer durchsichtigen Masse schmilzt. Dieser Schwefel löszt aber Bleykalk auf, und giebt mit diesem sublimirt den gemeinen Schwefel. Die Schwefelsäure, die jetzt hier und dort aus Schwefel bereitet wird, ist nicht ganz die nemliche, wie die Vitriolsäure, sondern bestehet zum Theil aus einer ganz eignen Säure, die wir jetzt untersuchen wollen.

Löszt man reine, noch feuchte, Andronia in Vitriolöl auf, so erhitzt jene sich mit diesem, und geht mit ihm eine Synsomatie ein. Diese hat einen milden Geschmack fast wie eine concentrirte Pflanzensäure, und zieht einen Theil der atmosphärischen Luft an. Wenn man nun die Säure einer Destillation unterwirft, so erhält man Azotgas, und die Säure wird zum Theil wieder in reine Vitriolsäure verwandelt.

Diese Säure löszt alle Metalle auf, selbst wenn sie verdünnt ist, noch kräftiger aber im concentrirten Zustande. Eine Sättigung, (Neutralisation?) wird aber nicht zu Wege gebracht, selbst durch hinzugesetzte Metallkalke nicht. In der Temperatur der Atmosphäre entwickelt sich während der Auflösung kein Gas, sondern, es wird viel mehr Luft absorbirt, wie durch die blosze Säure; bey höherer Temperatur aber giebt sie bey der Auflösung Gas, welches aber Azot ist. Diese Auflösung der Metalle geht also vor sich ohne vorhergehende Verkalkung derselben durch Lebensluft. Demohngeachtet hält diese Säure die Metalle so fest, dasz auch die kaustische Potasche nichts daraus zu präcipitiren vermag.

Die meisten Metalle, die mit Vitriolsäure Krystalle gaben, geben mit dieser Säure keine, (Gold, Zink und Wismuth machen Ausnahmen), zugesetzter Alkohol bringt aber die Krystallisation zu Stande.

Diejenigen Metalle, die, wie Eisen, die Vitriolsäure im Feuer fahren lassen, halten diese hartnäckig zurück; *Colcothar vitrioli* enthält diese Säure.

Metalle aber, die, wie Bley, die Vitriolsäure fixiren, folgen dieser in der Destillation, mit einem gewissen Theil.

Die Blutlauge fällt zwar alle Metalle aus dieser Säure, aber wenn sie verdünnt ist, lösen sie sich in dem beygemischten Wasser wieder auf.

Die durch Lebensluft verkalkten Metalle lösen sich

zwar in dieser Säure auf, aber in einer mittleren Temperatur geben sie sehr viel Azot, und die Säure wird in gemeine Vitriolsäure verwandelt. Durch Andronia gebildete Metallkalke aber gehen meistens mit der Vitriolsäure dieselben Verbindungen ein, als wie wenn die Andronia schon vorher mit derselben vereiniget gewesen wäre. Die Andronia aber, die als Bestandtheil in einem Metall ist, und zu ihm, als regulinischem, gehört, nimmt die Vitriolsäure nicht in sich auf, ausgenommen Stahl und Zinn, so weit uns bis jetzt bekannt ist, und die Blutlaugen-Präcipitate von solchen werden nicht wieder vom Wasser aufgelöszt.

Diese Säure verdient wegen ihrer angezeigten Eigenschaften als eine ganz besondere Säure angesehen zu werden, und ihre Vorliebe für die Metalle giebt ihr das Recht, Metallophilsäure genannt zu werden.

Von den Phänomenen, die diese Säure mit den Metallen bey der Auflösung giebt, heben wir folgende aus.

Die Goldauflösung hat eine doppelte Farbe, durch Reflexion zeigt sie sich undurchsichtig gelblich grau, durch Refraction durchsichtig grün. Durch Abdampfen gab sie auch erst Krystalle derselben Farbe (ob Platina?) nachher ward aber die Auflösung wasserhell und die Krystalle auch farbenlos.

Die Silberauflösung wird durch Schwefelleber nicht gefällt.

Die Kupferauflösung hinterläszt eine metallische Kohle, von gröszerem Volumen, als die des Kupfers selbst, und ist ohne Farbe.

Die Auflösung des Zinns geht leichter vor sich, als in Vitriolsäure, ist farbenlos, und kaum von der in der Vitriolsäure zu unterscheiden, wird auch von der kaustischen Potaschenauflösung (selbst einer sehr verdünnten) gefällt, und macht so eine Ausnahme von der allgemeinen Regel.

Nach den Metallen zeigt die Metallophilsäure am meisten Verwandtschaft zu der Kalkerde, und die Auflösung derselben läszt sich nicht durch die kaustische Potasche, und kaum durch die milde, zerlegen. Diese Verbindung ist in Salzsäure auflösbar, und läszt sich daraus durch milde Potasche wieder fällen, wobey sie Kohlensäure aufnimmt, aber ihre Metallophilsäure nicht verliert. Ausgesüszt, und in kochendem Wasser aufgelöszt, giebt dieses Salz abgestumpfte prismatische Krystalle. Es röthet den Veilchensaft, weil der Kalk, wie alle Basen, nicht in der Menge, die

zur Neutralisation nothwendig ist, von der andronisirten Säure aufgenommen wird. Die Zuckersäure allein zerlegt es.[1]

Die Art, wie man die Vitriolsäure von der Metallophilsäure zu trennen hat, ist leicht zu bestimmen. Eine blosze Destillation ist selten hinlänglich, ohnerachtet viele Andronia, in Stickgas verwandelt, weggeht. Eine Destillation, mit einer passenden Menge Eisenfeile ist schon besser. Das sicherste aber ist, die Säure mit Eisen zu sättigen, und sie krystallisiren zu lassen, welches nicht erfolgt, ohne wenn nur wenig Metallophilsäure darinn ist. Wenn die Krystalle destillirt werden, geben sie reine Vitriolsäure, und die Metallophilsäure wird von dem Eisen zurückgehalten, daher ist die aus Vitriol destillirte Säure allezeit von Andronia frey, die aus Schwefel bereitete aber in den metallurgischen und pharmaceutischen Officinen gleich verwerflich.

Salpetersäure läszt sich mit der Andronia überdestilliren, und giebt damit eine eigne Säure, die, ohne getrübt zu werden, mit der Potasche eine Salzverbindung eingeht, unter der Digestion aber doch die Andronia wieder absetzt.

Die Salzsäure giebt mit der Andronia, mit der sie sich gern verbindet, eine neue Säure von einem süszlichsauren Geschmack, die, wenn sie gekocht wird, zum Theil in beständige Luftform übergeht, und das Wasser verläszt.

Mit Kalkerde krystallisirt sie sich, und bey einer langsamen Digestion geht von dieser Verbindung durch Verflüchtigung derselben sehr viel verloren.

Die Verbindung dieser Säure mit Potasche läszt sich in Alkohol auflösen, und geht in hoher Temperatur in Luftform über, wenn nur Wasser dabey ist. Diese Luft läszt sich in kaltem Wasser gar leicht auflösen.

Aus der atmosphärischen Luft scheint sie die Lebensluft an sich zu ziehen, denn im verschlossenen Raum mit atmosphärischer Luft bringt sie eine starke Absorbtion hervor.

Zink löszte sich in dieser Säure auf, und gab dabey eine brennbare Luft, die mit einer grünen Flamme, deren untere Kanten blau,

[1] Der Stalactit enthält Andronia, die die hinzugesetzte Vitriolsäure in Metallophilsäure verwandelt. Eben so enthält auch der Gyps, den man durch Vitriolsäure aus weinsteinsaurem Kalk geschieden hat, Andronia; der metallophilsaure Theil davon läszt sich durch Waschen abscheiden, und läszt nur 0,[4] Unaufgelösztes zurück.

die obern aber gelb waren, brannte. Ueber Kalkwasser hingestellt gab sie nach mehreren Tagen ein Präcipitat, welches fade Potasche war, die Andronia muszte sich also aus der Luft in das Kalkwasser begeben haben.

Als Modificationen dieser Säure sind anzusehen:

1) Die Säure des Bluts. Wenn man Blut mit Potasche vermischt, einkocht und verkohlet, ohne es zum Glühen zu bringen, so kann man mit wenigem Wasser ein Neutralsalz daraus ziehen, welches diese Säure mit sehr viel Andronia verbunden enthält, von welcher letzteren Alkohol einen Theil ausscheidet, indem er das Salz auflöszt. Diese Blutsäure enthält so viel Andronia, dasz sie sich in Konsistenz eines Käse aus dem Neutralsalz fällt.

2) Mit der blausauren Luft giebt die Blutsäure, die eigentliche Berlinerblausäure, die *Scheele* mit dieser Luft selbst verwechselte. Man kann diese zwey Säuren von einander trennen. Das Blutlaugensalz oder das Pariser Blau (ohne Alaun bereitet) geben, mit viel Vitriolsäure, Salzsäure, die aus der Blutsäure kommt. An die Stelle der Salzsäure tritt nun die Vitriolsäure, die, sich mit der Andronia verbindend, Metallophilsäure giebt, und nun wird das Pariser Blau auflösbar im Wasser. Wenn die Potasche des Blutlaugensalzes, genau mit Vitriolsäure gesättiget wird, so wird die Blausäure frey, ohne resolvirt zu werden, aber sie bleibt nur eine kurze Zeit so, denn nach und nach läszt sie ihre blausaure Luft weggehen, und verliert damit auch ihre Fähigkeit Metalle zu präcipitiren, und es bleibt, mit der vitriolsauren Potasche, blos Blutsäure, die ihre überflüszige Andronia zum Theil in Form einer Gelatina fahren läszt, zurück. Die synthetische Darstellung dieser Säure, (von *Clouet*) ward mit Holzkohlen gemacht, und diese enthalten Holzsäure, die ohnerachtet der flüchtigen Natur ihres Neutralsalzes, doch zum Theil in der Asche zurückbleibt.

3) Holzsäure erhält man besonders aus Rinden, die kein Aroma enthalten. Als *Göttling* 4 Unzen 1 $^1/_2$ Drachmen Potasche mit dieser Säure gesättiget hatte, erhielt er nach Abdampfen und Krystallisiren nur 3 Unzen 1 Drachma, woraus sich ziemlich sicher schlieszen läszt, dasz die Hälfte als Gas weggegangen sey. (S. *Crell's* Journ. B. II. S. 55.)

4) Fettsäure.
5) Galläpfelsäure ist sowohl durch anhängende Benzoesäure, wie auch durch das Pigment, welches das Eisen schwarz macht, modificirt. Die Extraction aus Galläpfeln durch Auflösung von milder Potasche giebt in der Destillation eine neutrale Luft, und ein neutrales Salz, das dieselbe Form annehmen kann, wenn es wieder in destillirtem Wasser aufgelöszt und von neuem destillirt wird. Die Zuckersäure, die *Scheele* daraus mit Salpetersäure erhielt, rührte nicht von der flüchtigen Säure, sondern von dem Pigment her. Nach Auflösung der Galläpfelsäure in der freyen Luft bleibt die Benzoesäure, mit dem Pigment, in kleinen glänzenden Krystallen zurück.

Essig löszt die Andronia nicht auf, sondern extrahirt nur daraus die Potasche, die auf keine andre Weise vollkommen davon getrennt werden kann.

Die Lebensluft scheint nicht so viele Wirkung auf die Andronia zu haben, wie die atmosphärische Luft; denn als Andronia darinn eingeschlossen, und 8 Tage in einer Temperatur von 130° F erhalten ward, war nur $^1/_{10}$ absorbirt. Als dieser Versuch über Quecksilber gemacht wurde, war die Verminderung noch geringer, aber als Kalkwasser zugelassen ward, trübte sich dieses und die Verminderung wuchs auch hier bis ohngefähr auf $^1/_{10}$. In der zurückgelassenen Luft brannte auch ein Licht nicht vollkommen so gut wie vor dem Versuch, und löschte auch früher aus. Ein wenig Stickgas war also auch gebildet. Die Andronia schien äusserlich nur wenig verändert, aber in der freyen Luft, wo sie sich vorher bis auf den mit Potasche gesättigten Theil verflüchtiget haben würde, war sie jetzt beständig.

IV.

Andronia mit Wasserstoff und andern leicht entzündlichen Körpern.

Wasserstoffgas wird durch Andronia verändert. Wenn es mit derselben in Berührung gewesen ist, brennt es mit einer vollkommen grünen Flamme. Dieses Phänomen hat man auch beobachtet bey Wasserstoffgas, das mit salpetrigter Säure gemischt war. Die Flamme drang, bey der Anzündung des aus einer Blase

gedrückten Gases, in die Blase selbst hinein, und machte eine Explosion. Dieses läszt sich aber daraus erklären, dasz das Wasser, womit die Glocke gesperrt war, während die Andronia der Würkung des Gases ausgesetzt war, bey niederer Temperatur Luft aus der Atmosphäre anzog, welche es wieder von sich geben muszte, als die Temperatur stieg. Die Andronia war sehr verändert worden, denn ausser dasz sie jetzt in der Atmosphäre konstant geworden war, hatte sie auch ihre Halbdurchsichtigkeit verlohren, doch war sie nicht im Wasser auflösbar geworden.

Alkohol löszt die Andronia nicht auf, sondern macht sie undurchsichtig und in der Atmosphäre beständig, worinn er mit dem Wasserstoffgase übereinkommt, aber er theilt ihr mehr Hydrogen mit, wodurch sie eine noch geringere Auflösung in Wasser erhält.

Trockner Zucker, mit einer bis zur Consistenz eines Käse getrockneten Andronia zusammengerieben, giebt einen durchsichtigen Honig, der in Wasser aufgelöszt eine wahre Milch macht, die auch als solche durch das Filtrum geht. Diese Milch veränderte sich bey der Berührung mit der Atmosphäre 14 Tage lang nicht, in der dritten Woche aber gieng sie, wie der Geruch zeigte, in eine käsigte Gährung über, und coagulirte zu einem wahren Käse. Frisch mit Essig behandelt sonderte sich sogleich etwas ab, und das übrige ward nach einigen Tagen gelatinös. Nun begreiffen wir, warum die Mineralsäuren weniger Käse präcipitiren aus thierischer Milch, als die vegetabilischen, da jene einen Theil der Andronia auflösen, den der Essig nicht aufzulösen vermag. Frisch präcipitirter und gereinigter Kiesel giebt mit Zucker gerieben einen ähnlichen Honig, und eine Milch, die aber das Filtrum nicht durchläszt, sondern aus ihr eine wasserklare Flüssigkeit abscheidet, aus der Alkohol etwas Zucker auflöszt, und etwas wahres Gummi präcipitirt. Der Kiesel wird auf dem Filtrum zurückbehalten, und giebt an zugesetzte Säuren etwas fade Potasche ab.

Oel mit Andronia gerieben, giebt eine im Wasser auflösbare Masse, deren Auflösung weisz ist, durch das Filtrum geht, und der vorbeschriebnen Milch nicht unähnlich ist. Eine Unze Andronia mit 100 Tropfen Oel bis zum vollkommnen Glühen des Rückstandes destillirt, gab reines Wasser und ohngefähr 40 Kubikzoll brennbare Luft, eine Menge, die weit geringer war, als

die man erhalten haben würde, wenn man diese Quantität durch eine glühende Eisenröhre getrieben hätte. Das Residuum war die reinste Kohle, stimmte im Geruch und Form mit dem in verschlossenen Gefäszen kalcinirten Rusz völlig überein, gab mit Lebensluft vor dem Glühen Stickgas, gieng im Glühen aber ohne Residuum in Kohlensäuregas über. Die Kohle ist also keine einfache Substanz, sondern aus Hydrogen und Andronia, durch Glühen oxydirt,[1] zusammengesetzt, und in diesem Zustande geneigter als sonst, Kohlensäuregas zu bilden. Die Zusammensetzung der Kohlen wird noch durch mehrere Thatsachen bestätiget. Wir haben aus dem Vorhergehenden gesehen, dasz, ohne Beyseyn von Wasser, die Kohlensäure aus ihren Verbindungen mit den Basen nicht ausgetrieben werden kann, so dasz wir uns anzunehmen genöthigt sahen, dasz das Wasser zu der Luftform der Kohlensäure unumgänglich nothwendig sey, und dasz sie in diesem Zustande die Hälfte von Wasser enthält; die blosze Kohle giebt aber mit der Lebensluft Kohlensäuregas, sie musz also so viel Hydrogen enthalten, dasz damit die nöthige Menge Wasser hervorgebracht werden kann. Auch lassen sich die Verschiedenheiten der Kohlenarten, aus dem, was wir jetzt über die Natur der Kohle entdeckt haben, leicht erklären. Es giebt Holzkohlen, die entweder erstickt, oder zu stark gebrannt sind, oder in der Luft gelöscht sind; gebrannte Steinkohlen *(Coaks);* Anthrakolit (taube Kohle), der nicht brennt; thierische Kohle, die kaum eingeäschert werden kann; Reiszbley; *Priestley's* metallische Kohlen; die weissen Kohlen desselben, und endlich den Diamant, der nur aus Mangel von Säureprincip nicht eigentliche Kohle ist. Diese sind nicht sowohl durch beygemischte fremdartige Theile unterschieden, als vielmehr durch die verschiedne Menge von Salpeter, die sie zerlegen können, also durch die verschiedne Menge des die Lebensluft anziehenden Princips, welches nicht die Andronia seyn kann, weil die Säure im Salpeter schon damit gesättiget ist. Fängt man die Reihe der Kohlen mit Reiszbley an, die 10 Theile Salpeter zu ihrer Verpuffung braucht, steigt dann herunter zu der in der Luft ausgelöschten Kohle, die den Schwefel in Säure verwandeln kann, und hört endlich mit dem Diamant, der gar nicht verpufft, auf, so fällt der verschiedne Hydro-

[1] Dieser Ueberflusz an Säureprincip ist vielleicht die Ursache, dasz das Kohlensäuregas so viel schädlicher ist, als die meisten andern irrespirablen Gasarten.

gengehalt der Kohlen genugsam in die Augen.[1] Die Hervorbringung der metallischen Kohlen, während der Auflösung mehrerer Metalle in verdünnten Säuren, wobey das Wasser zerlegt wird (daher nicht in Salpetersäure und Vitriolöl) spricht auch sehr für die hier vorgetragne Lehre.

V.

Neutralisation der Andronia.

Die Auflösung der kaustischen Potasche nimmt sehr viel Andronia auf, doch braucht sie dazu lange Zeit. Dieses Salz hat einen sehr milden Geschmack, gefriert fast eben so leicht wie Wasser, und löszt sich in Alkohol auf, indem es einen Theil der Andronia absetzt; eingekocht krystallisirt es sich nicht, sondern giebt eine Krystalklare Gelatina, die, getrocknet und geglühet, eine weisse, in Wasser und Säuren unauflösbare Masse, und wahre Kieselerde ist.

Wenn Andronia lange mit Kalkwasser in einer verschlossenen Flasche geschüttelt wird, so verliert sie ihre Durchsichtigkeit und nimmt an Volumen zu; gieszt man die Flüszigkeit ab und behandelt sie von neuem mit Kalkwasser, so erhält man denselben Erfolg, bis zuletzt die Andronia sich nicht weiter verändern kann. Die Portionen Kalkwasser, die auf die Andronia hinlänglich gewirkt haben, bekommen an der Luft keine Haut, und werden durch Sauerkleesäure nicht getrübt, auch durch vollkommen kohlensaure Potasche nicht. Setzt man zu dieser Flüszigkeit Salpetersäure, so erhält man schöne Salpeterkrystalle, die in zu grosser Menge kommen, um von der Potasche, die sich in der Andronia (nach der oben beschriebenen Art bereitet) findet, herzurühren;

[1] Die Fähigkeit der Kohlen, zu verglimmen, kommt hier nicht in Betrachtung, denn diese scheint weder von der Reinheit, noch von dem Hydrogengehalt der Kohlen zu kommen, sondern von einem belebenden Princip (basischer Natur?); denn als Monokiensischer Anthrakolith zu gleichen Theilen mit Salpeter verpufft worden, und das edulkorirte Residuum auf einem Stubenofen zum Trocknen hingestellt war, fieng dieses von dieser mittelmäszigen Temperatur an zu glimmen, ohnerachtet das Verpuffen den Hydrogengehalt vermindert haben muszte. Noch wichtiger möchte die Bemerkung von *Guyton* seyn, dasz die Kohlen, die nicht glimmen, sich von denen, die dies im Stande sind, dadurch unterscheiden, dasz sie sich in der galvanischen Kette wie die weniger oxydabeln Metalle verhalten.

Aus dem Obigen sieht man schon, dasz *W.* nicht mit *Guytons* Theorie der Kohlenarten zufrieden seyn kann. Dieses hat er auch in einem eignen Paragraphen über den Diamant weiter gezeigt, und bringt da mehrere Einwendungen bey, welche zeigen, dasz er eben so wie nachher *Berthollet*, diese Sache noch weit genauer untersucht wünscht.

es ist also Potasche gebildet worden. Nach diesem erscheinen unförmliche Krystalle anderer Art, die selbst nach der Edulkoration noch sauer schmecken, und als Basis fade Potasche enthalten, welches man deutlich daraus sieht, dasz vollkommen kohlensaure Potasche mit ihnen ein Präcipitat giebt, das im Wasser auflösbar ist, wie auch in Vitriolsäure mit Aufbrausen, sich aber aus dieser Verbindung durch Potasche nur unvollkommen ausscheiden läszt, nach dem Kochen aber gar nicht.[1] Aus dem Rückstande auf dem Filtro zieht Salpetersäure fade Potasche und ein wenig unveränderten Kalk, und hinterläszt etwas unauflösliches, was wahrer Kiesel ist.

Salzsaure Kalkerde, in wenigem Wasser aufgelöszt (*oleum calcis*) verändert eben so die Andronia, nimmt aber auch selbst etwas davon auf, und wird dadurch krystallisabel. Die veränderte Andronia giebt aber, nach gehöriger Untersuchung, fade Potasche, Kalk, und Kiesel. Etwas anders verhält es sich, wenn man die salzsaure Kalkerde durch Potaschen-Androniat fällt. Das Präcipitat löszt sich edulcorirt und geglühet in Salzsäure mit Brausen (wegen gebildeter Kohlensäure) auf, und hinterläszt nur etwas wenigen Kiesel. Mit Kohlensäure gesättigte Potasche löszt sie ebenfalls auf, aber die salinische Natur dieses Präcipitats verräth sich doch deutlich, durch die vollkommene Auflösbarkeit im Wasser. Der kleinere Theil der Kalkerde ist also mit Andronia in Kiesel übergegangen, der grössere aber ist in fade Potasche verwandelt, doch ist es merkwürdig, dasz diese fade Potasche vor dem Glühen so dekomponibel war, dasz etwas hinzugesetzte Sauerkleesäure nach einigen Minuten es zu trüben anfing, und nachher ein Präcipitat darinn hervorbrachte.

Es wäre nun vorzüglich interessant, wenn man die Kieselerde wieder in Potasche verwandeln könnte, und dieses ist auch bis auf einen gewissen Grad geglückt. Man erhält zwar bey der zu beschreibenden Operation nur im höchsten Grade fade Potasche, aber dieses ist doch genug, um die gegebne Theorie zu bestätigen. Es muszte hierzu ein Stoff angewandt werden, der die atmosphärische Luft abhielt, und hingegen Hydrogen zuführte, und hiezu wurde Rusz gewählt. Reine aus Kieselfeuchtigkeit gefällte Kieselerde wurde mit Essig gewaschen, mit Rusz gemischt, wohl ausgetrocknet, in einen Tiegel gebracht, wo sie mit einer

[1] Durch Kochen mit Vitrioloel wird nemlich die fade Potasche redintegrirt.

Thonpasta bedeckt ward, und nun successiv erwärmt, bis zum Glühen, das eine halbe Stunde unterhalten ward. Es war eine sehr schwarze Kohle zurückgeblieben, die nun eingeäschert ward. Das Auflösliche ward durch Wasser aus der Asche gezogen, aber würkte nicht wie Potasche auf die Reagentien, nur dasz es den Veilchensaft grün färbte, und in einer höhern Temperatur etwas Ammonium aus seiner Verbindung mit der Salzsäure trieb, (was es bey einer geringeren nicht vermochte). Das Residuum von der wäszrigten Extraction ward mit Salzsäure übergossen, wobey es ein zwey Stunden lang dauerndes Geräusch gab. Die Salzsäure war nicht merkbar verändert, aber vollkommen kohlensaures Kali fällte doch daraus ein weisses Koagulum, das sich in Wasser zum Theil klar auflöszte, ohne andern Geschmack, als den des beygemischten Digestivsalzes, es war also fade Potasche. Die Edulkoration muszte durch sehr kleine Portionen Wasser gemacht werden, damit sich nicht alles auflöszte. Als dieses geschehen war, ward verdünnte Vitriolsäure hinzugesetzt, womit es aufbrauste, sich aber nur zum Theil auflöszte. Das unaufgelöszte war Gyps, der aber doch das eigne hatte, dasz seine Auflösung eine eingetauchte Aehre rosenroth färbte. Die fade Potasche war also hier schon zum Theil zerlegt. Das Aufgelöste ward eingekocht, und gab ein irreguläres Salz. Dieses ward mit destillirtem Wasser gekocht, wodurch ein Theil des Salzes aufgelöst ward, der mit vollkommen kohlensaurer Potasche wieder ein Präcipitat gab, das in Wasser auflösbar war, und also fade Potasche seyn muszte. Der unaufgelöszte Theil ward als Kiesel befunden. Die Potasche war also bis auf den Grad fade, dasz sie sich nicht allein durch das Kochen mit Vitriolsäure nicht redintegriren liesz, sondern sich sogar zerlegte, so dasz erst ein Theil des Kalks sich abschied und seine Andronia an die Potasche abgab, die aber wieder damit zum Theil Kiesel bildete; eine Ordnung des Uebergangs, die wir nicht erwartet hätten, indem die Andronia sonst von der Potasche in den Kalk übergeht, welches geschieht, wenn man jene durch diese kaustisch macht. Denn kaustische Potasche mit Kohlensäure gesättiget giebt keine Andronia. Sollte die Andronia der Potasche blosz dazu verwendet werden, die Kohlensäure des Kalks zu redintegriren? Aus der groszen Menge Potasche, die zur Redintegration der resolvirten Kohlensäure im Kalke nothwendig ist, wäre dieses fast zu vermuthen.

Baryt verbindet sich zwar mit der Andronia, doch hat man damit noch keine merkwürdige Verbindungen.

Die Magnesia wird aus ihrer Auflösung in Vitriolsäure durch Andronia gefällt, indem sich die Andronia damit zu einem in Säuren sehr schwer, in kaustischer Potasche aber leicht auflöslichem Salz verbindet. Aus dieser Auflösung fällt mit der Zeit die Magnesia zu Boden, indem die Potasche sich der Andronia bemächtiget, woraus also zu schlieszen ist, dasz die Potasche mehr Affinität zu der Andronia hat, als die Magnesia.

Ausser mehreren Phänomenen, die die Alaunerde mit der Andronia giebt, ist es insonderheit merkwürdig, dasz sie zu der Krystallisation des Alauns erforderlich ist; denn eine kleine Menge kaustische Lauge mit Alaunerde vermischt, brachte sie nicht weiter, als dasz sie nur mit der Vitriolsäure eine gummiförmige Masse ward, als diese aber mit Andronia, die durch Essig von ihrer Potasche befreyt war, vermischt ward, gab sie nach gehöriger Digestion schöne Alaunkrystalle. Dasz man, in Fabriken, mit Hülfe der gemeinen Potasche den Alaun zum Krystallisiren bringt, ist natürlich, da dieser allezeit Andronia enthält.

Das Potaschen-Androniat machte ein starkes Präcipitat in der sauren Goldauflösung, dieses ward durch ein Filtrum abgeschieden, wonach die Solution in einigen Tagen wieder ein neues setzte, das mit dem vorhergehenden vermischt ward. Die Auflösung ward eingedickt, und bekam eine graurothe Farbe wie die der Platina, so dasz einige Hoffnung da war, das Gold vielleicht in Platina zu verwandeln. Der durch das Filtrum abgesonderte Theil hatte die halbdurchsichtige Form der Andronia, und eine schwache goldgelbe Farbe. Dieses ward wieder in kaustischer Potasche aufgelöszt, und abermals mit Goldauflösung gefällt, wodurch ein neues Präcipitat dem vorigen ähnlich entstand, dieses ward von neuem eben so behandelt u. s. w., bis keine Präcipitation mehr erfolgte. Das Ganze war nun in eine Flüszigkeit verwandelt, die erst eingekocht, dann geglüht ward, aber keine Platina gab, sondern wirklich reducirtes Gold. Man hätte hierin eine sehr grosze Menge Neutralsalz erwarten sollen, aber es war nur eine kleine Menge weisser und compacter Materie zurück, woraus das Wasser eine gelbe ins grüne fallende Tinctur auszog. Das Residuum löszte sich nicht leicht im Wasser auf, ehe es kochte, die Auflösung gab aber doch kaum etwas anderes als Salpeterkry-

stalle, und kein Digestivsalz, das wahrscheinlich als Luft weggegangen war.

Zu einer Platinaauflösung ward eine von Potasche vollkommen gereinigte Andronia gesetzt, wodurch dieselbe Fällung bewirkt ward, als sonst von Potasche oder Ammonium, mit einer schönen Orange nachher ins Miniumrothe fallenden Farbe. Dieses gab wieder zu der Vermuthung Anlasz, dasz vielleicht die Platina in ein Gold übergehen könnte, doch ward dieses durch die zweite Untersuchung nicht bestätiget.

Aus der Auflösung des salpetersauren Silbers im Wasser schied das Potaschen-Androniat eine grosze Menge Präcipitat, das weisz wie Kreide war, und von den Sonnenstralen nicht geschwärzt wurde, in verdünnter Salzsäure aber sich kalt, und in kaustischer Potaschenlauge mit Hülfe der Digestion auflöszte. Die Auflösung in Salzsäure ward durch Kupfer nicht gefällt. Die Auflösung in Potasche ist erst roth und nachher schwach gelb, und giebt auch Krystalle von dieser Farbe. Dasselbe Präcipitat giebt, in einer Glasretorte geglüht Azotgas, wenn aber die salpetersaure Silberauflösung erst für die Krystallisation eingekocht worden ist, giebt sie Kohlensäuregas. Hiebey ändert es seine Farbe nicht weiter, als dasz der Theil, der an die Retorte anliegt, roth wird. Mit Rusz geglüht wird es nicht reducirt, sondern giebt eine metallische Kohle, die etwas glänzender ist, als die gemeine. In kaustischer Potasche aufgelöszt, und in eine Retorte gebracht und geglüht, bis die Retorte zu schmelzen anfängt, reducirt es sich nicht, sondern geht in eine weisze, harte, am Glase stark anhängende Masse über, doch bleibt es in Wasser auflösbar. Mit Baumöl übergossen wird diese Masse endlich durch Glühen reducirt. Die Salpetersäure zieht jetzt das Metall leicht heraus, und Salzsäure fällt es wieder leicht aus der Auflösung, doch geschieht dieses nicht durch verdünnte Schwefelsäure, und Kupfer präcipitirt es mit einer weiszen unmetallischen Farbe.

Wenn Quecksilber mit halbfeuchter Andronia in einem gläsernen Mörsel gerieben wird, nimmt es erst eine Aschfarbe an. Während des Reibens wird es trocken und geht in eine fast weisze Farbe über. Dieses Pulver löszt sich in Wasser auf, und macht es ein wenig milchicht, geht aber unverändert damit durch das Filtrum. Wenn dieses Pulver destillirt wird, mit einer Vorlage, worin Kalkwasser ist, so wird dieses mit einer röthlichen Haut,

die fast einen metallischen Glanz hat, überzogen. Späterhin, wenn das Quecksilber in den Hals der Retorte aufsteigt, wird das Kalkwasser ganz milchicht. Ohnerachtet aber, dasz ein Theil des Quecksilbers aufgetrieben wird, bleibt doch der gröszte Theil noch zurück, in fixer Verbindung mit der Andronia, als eine weisze ins Röthliche spielende Masse; war aber die Andronia nicht vollkommen von Potasche gereiniget, so ist die Farbe ein mehr gesättigtes Grünlichroth. Wenn zu dem Wasser, womit man die Andronia edulcorirt hat, (S. oben S. 179. No. 9.) welches Andronia und milde Potasche enthält, kaltbereitete Auflösung des Quecksilbers in Salpetersäure gegossen wird, so wird bey auf einander folgenden Präcipitationen weit mehr von dieser aufgenommen, als man von der geringen Menge der in jener enthaltenen Basis erwarten konnte. Das erste Präcipitat ist schwarz, das folgende aschenfarbig, das dritte weiszlich, das vierte weisz, wird aber durch Digestion gelb, das fünfte aber wird gleich gelb. Alle diese Präcipitate sind in Wasser auflösbar. Das schwarze, im Wasser aufgelöszt, giebt kein Präcipitat, weder mit Salpetersäure, oder kaustischer Potasche, oder Schwefelleber, noch mit Blutlauge, selbst nicht bey zugesetzter Säure, noch mit salpetersaurem Silber, oder Kalköl (zerfloszner salzsaurer Kalkerde). Sich selbst überlassen wird dieses schwarze Präcipitat bleygrau, wenn sich das Wasser davon verflüchtiget hat, und nachher vermindert es sich noch mehr, bis zuletzt ein sehr geringes unmetallisches schwarzes Residuum zurückbleibt. Das gelbe Präcipitat verhält sich eben so, nur dasz es sich sehr viel häufiger im warmen Wasser auflösen läszt, die Auflösung aber beym Erkalten einen Theil wieder unverändert absetzt. Mit kaustischer Potasche wird es in ein schwarzes Präcipitat verwandelt. Mit Wasser gekocht in einer Retorte wird es zum Theil reducirt; das reducirte Quecksilber ist aber weit flüchtiger, als das gemeine, ohnerachtet es sonst sich nicht merklich davon unterscheidet; es läszt sich aber mit Wasser überdestilliren, ja es ist noch flüchtiger, als Wasser, denn es verfliegt wieder mit den übergetriebnen Wasserdämpfen, und setzt sich zwischen dem Hals der Retorte und dem der Vorlage, und geht wohl zum grözten Theil in die Luft über. Der Theil, der in der Vorlage geblieben war, schwamm in dem Wasser, und fiel zwar bey einer Umschüttlung zu Boden, bey der Inclination des Gefäszes aber und mit der Atmosphäre in Berührung gebracht,

schwamm es wieder, so oft man den Versuch wiederholen wollte. Alle diese Merkurialpräcipitate haben einen höchst faden schleimigten Geschmack, und können vielleicht in der Medicin mit Nutzen gebraucht werden, wenn man sehr milde Merkurialpräparate braucht.

Sublimatauflösung mit Potaschen-Androniat gesättiget, giebt ein Präcipitat von graurother Farbe. Dieses in eine Retorte gebracht, und mit kaustischer Potaschenlauge übergossen, gieng bald in eine gelbe Farbe über, und gab bey einer bis zum Glühen erhöhten Temperatur etwas reducirtes Quecksilber. Das Residuum in der Retorte, war sehr weisz, in Wasser wenig auflöslich, und fast ohne Geschmack. Von dem auf ähnliche Art behandelten Silber unterschied es sich durch seine Zerbrechlichkeit, und dadurch, dasz es mit Baumöl geglüht nicht eine Spur von reducirtem Quecksilber gab, sondern nur eine Kohle hervorbrachte, die glänzender als andre war, so dasz der Theil der Retorte, der damit innerlich bekleidet war, wie ein Spiegel glänzte.

Bley giebt mit der Andronia verschiedne Producte, bald saure, bald basische, nach der Verschiedenheit des mitwürkenden belebenden Princips.

Wenn man Potasche mit Andronia gesättiget, der salpetersauren Bleyauflösung zusetzt, so erhält man ein Präcipitat, das 1) sich in Salpetersäure auflöszt, und sich damit in trüben krystallisirt; dieses Salz schmeckt nicht süsz, und wird von der Salzsäure nicht gefällt; 2) wird es durch kaustische Potasche blosz so verändert, wie reiner Baryt von dem Kausticitätsprincip derselben; 3) entzieht es der Potasche die Vitriolsäure, und hinterläszt blosze Potasche, die die Magnesia aus ihrer schwefelsauren Auflösung eben so gelatinös abscheidet, wie die einfache (nicht kaustische) Potasche; 4) giebt es, mit Rusz geglüht, keine Spur von reducirtem Bley, ohnerachtet die Kohle so glänzend wird, dasz sie, wo sie sich angelegt hat, die Retorte spiegelnd macht; 5) in Salzsäure aufgelöszt, überzieht es eingebrachten Zink mit einer Bleyähnlichen metallischen Kruste, aber diese löszt sich nur sehr langsam in Salpetersäure auf (des Sommers in 8 Tagen), und koncentrirte Salzsäure zu dieser Auflösung gesetzt, präcipitirt nichts, sondern sie bleibt noch einige Tage vollkommen klar, wie aber etwas verdünnte Schwefelsäure hinzugesetzt wird, fängt es an, nach einer

Viertelstunde Präcipitat zu geben, das nach einigen Stunden etwas vermehrt wird. Dieses Präcipitat ist aber etwas in Wasser auflöszbar, wegen der unvollkommnen Sättigung des Metalls mit Andronia. Weil es sich nicht durch Salzsäure fällen liesz, war es nicht Bley, sondern Baryt, und das durch den Zink ausgeschiedne Metall wahres Barytmetall.

Zum Gegenversuch ward salzsaurer Baryt mit Zink in Berührung gesetzt, es erfolgte aber keine Fällung, ehe es 6 Tage digerirt, und nach und nach etwas freye Salzsäure zugesetzt war; nun aber erzeugte sich eine Kruste, die, in Salpetersäure aufgelöszt, durch Salzsäure nicht gefällt ward, aber eben so wenig von der Schwefelsäure.

Minium und Andronia, die die Konsistenz eines Käse hatte, mit einander zusammengerieben, getrocknet, und in einer gläsernen Retorte destillirt, gab erst Azotgas, wie die reine Andronia es pflegt, nachher aber eine ganze Stunde hindurch Kohlensäuregas, während dem Glühen aber gieng nur reine Lebensluft über, wahrscheinlich weil kein Wasser mehr da war. Das Residuum (A) hatte eine weisze Farbe, nur war die oberste Fläche roth; die Masse schmolz nicht. Mit kaustischer Potaschenlauge löszte sich ein Theil darinn auf, und krystallisirte damit, ein anderer aber blieb zurück, und nahm die rothe Farbe wieder an, die er beym Glühen verloren hatte, doch war sie nicht so lebhaft. Dieser Theil (B) löszte sich zum Theil in Salpetersäure auf, und ward durch Salzsäure wieder daraus gefällt. Es war also Bleykalk, dem die Potasche die Andronia entzogen hatte. Bey der Auflösung dieses Residuums in Salpetersäure bleibt etwas zurück, was sich schwerer auflösen läszt, und eine schwarze Farbe hat, auch sind darinn kleine Körner von metallischem Bley, die nach der Abwaschung des leichteren Kalks zurückbleiben. Aus diesem Theil des Bleykalks hatte also die Andronia den Theil Lebensluft weggenommen, der zur Verkalkung nothwendig ist, und hingegen selbst mit dem Bley einen Kalk anderer Art hervorgebracht, dem aber die Potasche seine Andronia entzog, und so kam das Bley wieder in den regulinischen Zustand. Das Residuum (A) löszt sich in verdünnter Salpetersäure nicht auf, mit concentrirter aber giebt es eine synsomatische Säure eigner Art, die heftig raucht, in Wasser sich auflösen läszt, und durch Vitriolsäure nicht präcipitirt wird. Mit kaustischer Potasche oder Ammonium macht sie

Salze, die in Alkohol auflösbar sind. Aus der Auflösung der vollkommnen kohlensauren Potasche treibt sie die Kohlensäure aus, und fällt die Andronia. Die Blutlauge gab der koncentrirten Auflösung eine Oliven-, der verdünnten aber eine blaue Farbe. Die Vitriolsäure löszt das Residuum A auf, und die Auflösung hat weniger Farbe, als die angewandte Säure. Wasser zerlegte sie in zwey Theile, wovon der erste flüszig blieb, und alle Eigenschaften des metallophilsauren Bleyes hatte, der zweyte aber fest war, und alle Eigenschaften des Schwerspaths hatte.

Schwarzer Eisenkalk, der durch Reibung der Eisenfeile mit Wasser hervorgebracht war, gab mit der Andronia im Feuer erst Azotgas, dann wenig Kohlensäuregas und endlich wieder Azotgas. Das Residuum liesz sich durch Vitriolsäure meistens auflösen, und gab damit Metallophilsäure. Blutlauge gab erst kein Präcipitat, als aber mehr zugesetzt ward, erhielt man ein weiszes Präcipitat, das durch hinzugesetztes Wasser sogleich aufgelöszt ward. Nach Verdünnung mit Wasser nahm es eine grüne Farbe an, die bey der Berührung mit der Atmosphäre blau ward, doch ohne Sediment. Kaustische Potasche fällte nichts. Mit Salpetersäure verband sich auch das meiste, und der Rückstand schien nur überflüszige Andronia zu seyn. Aus dieser Auflösung schied vollkommen kohlensaure Potasche ein Präcipitat von schwacher rothgrauer Farbe, woraus aber die überflüszig zugesetzte Potasche wieder das Färbende zog, welches nicht in groszer Menge da gewesen seyn konnte, weil das Residuum dabey nicht viel am Volumen verlor, aber ganz weisz und vollkommen in Potasche unauflöslich ward. In einem eisernen Löffel geglüht, nahm es eine Rostfarbe an. (Ob es Magnesium war?) —

Wenn Stahl denselben Versuchen unterworffen wird, wie das andronisirte Eisen, giebt es auch dieselben Resultate, nur ist zu bemerken, dasz selbst der beste englische Stahl ein wenig bloszes Eisen enthält, welches sich durch das wenige Präcipitat, was die Auflösung desselben, in Vitriolöl, mit kaustischer Potasche und mit Blutlauge giebt, verräth. Eben so zeigt es sich bey der Auflösung des Stahls in Salpetersäure, wo die hinzugesetzte kohlensaure Potasche mehr wieder auflöszt, als von dem andronisirten Eisen, aber es macht kaum 0,05 aus. Die übrigen 0,95 sind wahrer Stahl, der in das Vitriolöl aufgenommen wird, ohne Entwicklung von schwefligter Säure (die sehr geringe Menge,

die sich zeigt, kommt von dem bloszen Eisen her), demselben keine Farbe mittheilt, (auszer eine sehr geringe von dem enthaltenen Eisen), und von der Blutlauge mit einer weiszen Farbe (die sehr schwache blaue kommt von beygemischtem Eisen) gefällt wird, welches letztere Präcipitat sich aber im Wasser auflösen läszt, (bis auf ein Weniges, was von dem bloszen Eisen herkommt). Von kaustischer Potasche wird diese Auflösung auch nicht getrübt (ausser von den 0,05 Eisen). In Salpetersäure aufgelöszt hinterläszt es keine Andronia, diese geht in das Eisen über. Mit kohlensaurer Potasche gesättigt giebt sie auch ein weiszes Präcipitat, das in mehr hinzugesetzter nicht auflösbar ist, doch aber durch alle Säuren, ohne Farbe, aufgelöszt wird. (Das graugrüne, das sich durch überflüszige Potasche wieder auflösen läszt, und in der Luft in eine lebhafte rothe Farbe übergeht, kommt vom Eisen.)

Stahl kommt also in allen chemischen Verhältnissen mit dem andronischen Eisen überein, es ist also nur noch übrig, den Stahl wirklich zu zerlegen. Man löse hierzu Stahl in Salzsäure auf, und präcipitire die Auflösung mit Zink, durch Digestion; es stellt sich Andronia dar, die die Auflösung trübt, und bey der Ruhe sich reichlich absetzt.

Wenn man zu der Auflösung des Kupfers in einer Säure Potaschen-Androniat setzt, so entsteht ein weiszes Koagulum, das sich ins Blauliche neigt. Das edulcorirte Präcipitat wird mit 3 mal so viel Salpetersäure destillirt, bis dasz nur sehr wenig Flüszigkeit zurückbleibt. Der flüszige Theil, der auch blaue Krystalle giebt, ist blosz salpetersaures Kupfer. Auf dem Boden aber findet man irreguläre grosze Krystalle, die die Farbe und Textur der Glasur der Zähne haben, in Salpetersäure sich nicht auflösen, von warmem Wasser aber aufgenommen werden, doch in der geringsten Menge, worin irgend eine bekannte auflösliche Säure aufgenommen werden kann, so dasz es die Auflösungen von salpetersauren Baryt, Silber und Quecksilber nur äuszerst wenig milchigt macht, und nur spät einen Schatten von Präcipitat hervorbringt. Aus der salzsauren Kalkerde giebt diese Auflösung gar kein Präcipitat. In kaustischer Potasche und Ammonium lösen sich jene Krystalle leicht auf, und ohne alle Farbe; sie werden aber wieder daraus durch alle Säuren selbst, den Essig, niedergeschlagen. Die Verbindung mit dem Ammonium, ohne Ueberschusz desselben, so dasz sie nemlich fast keinen Geruch hat, wird von

dem Quecksilbersublimat oder dem salzsauren vollkommnen Eisenkalk nicht gefällt, sie wird daher durch ein wenig hinzugesetztes Ammonium für die Fällungen vorbereitet. Beyde Auflösungen fällten das Gold weisz, ins Gelbliche sich neigend, Magnesium ebenfalls aber ein wenig ins Graue fallend, Bley, Zink, Zinn und Baryt aber mit der weiszesten Farbe. Ebenfalls Kalk, Magnesia und Alaunerde, die gelatinös und halbdurchsichtig waren. Die Auflösung, woraus die Magnesia durch die ammoniakalische Auflösung gefällt war, war blau, verlohr aber an der Luft ihre Farbe. Der Quecksilbersublimat wird durch die ammoniakalische Auflösung auch weisz, durch die mit Potasche gemachte aber gelb, und in gröszerer Portion gräulichroth. Quecksilber, kalt in Salpetersäure aufgelöszt, wird mit einer aschgrauen, gleich darauf ins Schwarze übergehenden Farbe gefällt, das Präcipitat will sich aber kaum setzen. Das Eisen ward aus der salzsauren Auflösung, durch die Potaschen-Auflösung aschenfarbigt, niedergeschlagen, den folgenden Tag ward es aber gelb, die ammoniakalische fällte sie grau. Eisenvitriol ward aber durch die Potaschen-Auflösung blau gefällt, als aber die Flüszigkeit von dem Präcipitat abgegossen war, und es mit der Luft in Berührung kam, ward es weisz. Silber ward aus der Salpetersäure durch die Potaschen-Auflösung gelb gefällt, durch die ammoniakalische nicht getrübt, sondern nur schwach blau gefärbt, welche Farbe sie an der Luft bald wieder verlor; nachher ward aber auch diese weder durch die Potaschen-Auflösung, noch durch die des Kochsalzes getrübt. Baryt aus Salpetersäure, entweder durch die reine Säure, oder durch die ammoniakalische Auflösung gefällt, löszte sich in Wasser auf, aber durch Potaschen-Auflösung erhielt man ein Präcipitat, das nur mit Hülfe von etwas hinzugesetztem Essig darinn aufgelöszt ward. Unter den übrigen Präcipitaten löszte Essig die der Kalk- und Alaunerde auf, nicht aber das der Magnesia, hingegen das von dem vollkommen oxydirten Eisen, nicht aber das von dem Eisenvitriol, woraus es blosz den mehr verkalkten Theil mit einer Pommeranzfarbe aufnahm, den weniger verkalkten aber ganz weisz zurückliesz. Dasselbe war der Fall mit dem Quecksilber; denn es löszte das Präcipitat aus dem Sublimat durch die Potaschen-Auflösung auf, ohne Farbe, ob es gleich dunkel rothgrau war; hingegen löszte es das Präcipitat aus der in der Kälte bereiteten salpetersauren Quecksilber-Auflösung nur zum Theil auf, und hinterliesz etwas Schwärzeres, als

das übrige; das Präcipitat aus dem Sublimat durch die ammoniakalische Auflösung konnte es aber nicht auflösen, wegen des entstandnen Alembrothsalzes. Die partielle Auflösung der Präcipitate von dem Bley, Kupfer, Silber und Zink schien auf denselben Gründen zu beruhen, denn die Residuen waren weiszer. Die Präcipitate des Goldes, Zinnes und Magnesiums wurden kaum merklich durch den Essig vermindert; doch war er von dem vom Zinn milchicht, von dem vom Golde gelb, (mit einem sehr weiszen Rückstand) von dem vom Magnesium grau geworden, und verrieth dadurch, wie auch durch ein schwaches Präcipitat mit Potasche, seine Wirkung. Der Theil des Eisenvitriols, der sich in Essig nicht auflöszte, löszte sich in Menge im Wasser auf, ohne Farbe. Hieraus erhellt genugsam, dasz der andronisirte Kupferkalk wahre Molybdänsäure sey, aber reiner, als die Scheelische, die durch Destillation mit Salpetersäure bereitet, noch Kupfer enthält, und daher in den Farben einen kleinen Unterschied zeigt.

Ein Versuch, wodurch man ebenfalls aus Kupfer Molybdän erhält, ist folgender. Man löse Kupfervitriol in Wasser auf, präcipitire die Auflösung mit Potasche, süsze den Niederschlag aus, übergiesse ihn mit einer Auflösung von vollkommen mit Kohlensäure gesättigter Potasche, und wölbe darüber ein Gefäsz mit derselben Kohlensäure gefüllt, dieser absorbirt nun eine ungeheure Menge Kohlensäure, so dasz, wenn man das Gefäsz 3 Monate hindurch fast täglich mit neuem Kohlensäuregas füllt, es doch den folgenden Tag gänzlich absorbirt befunden wird. Während dieser langweiligen Arbeit nimmt aber die Potasche täglich eine dunklere blaue Farbe an, so dasz sie zuletzt fast schwarz scheint. Wenn nun diese Tinctur gekocht wird, nimmt sie in dem ersten Moment eine dintenschwarze Farbe an, und gleich darauf setzt sie ein Sediment ab, über dem die Flüszigkeit wasserhelle stehen bleibt. Dieses Sediment ist ein wahrer Molybdänkönig, hat einen metallischen Glanz, ist im Feuer schmelzbar, löszt sich in Salpetersäure mit einer grünen Farbe auf, die aber an der Luft in eine blaue übergeht; mit viel Salpetersäure destillirt wird es Molybdänsäure, und in der Salpetersäure unauflöslich. Der flüszige klare Theil ist eine vollkommen mit Andronia gesättigte Potasche. Dasz die Kohlensäure hier Andronia geben konnte, war leicht zu begreiffen, aber wo kam Lebensluftbasis, wo das Säure-

princip hin? Fragen, die hoffentlich im Künftigen ihre Lösung finden werden.

Zinn löszt sich bey der gewöhnlichen Temperatur unter allen Säuren nur in der Vitriolsäure auf; um aber eine gesättigte Auflösung zu bekommen, musz man die überflüszige Säure abdestilliren. Hiebey wird die Vitriolsäure grösztenTheils in einen festen Schwefel verwandelt, ob sie gleich vollkommen rein von Andronia ist, welches genugsam beweiset, dasz das Zinn Andronia enthält. Ein anderes Product dieser Auflösung ist Metallophilsäure, die zurückbleibt, nachdem der Zinnvitriol in Wasser aufgelöszt und durch Kochen koagulirt ist, ebenfalls eine Anzeige von Andronia. Eine gleiche ist auch das dabey hervorgebrachte Ammonium. Zwar hat man dieses bisher nur in Salpetersäure gefunden, und zwar es aus einer doppelten Zerlegung der Salpetersäure und darin sich befindlichen Wassers hergeleitet. Aber in keiner Metall-Auflösung wird Säure und Wasser zugleich zerlegt. In starker Salpetersäure, und über die Winter-Temperatur, wird eine starke Salpetersäure allein durch das Zinn zerlegt. Bey einer niedrigen Temperatur aber, und mit verdünnter Säure, wird blosz das Wasser zerlegt, und das Hydrogen macht mit der Andronia des Zinns Ammoniak.

Um das Zinn noch weiter zu zerlegen, ward Zinnvitriol mit vollkommen kohlensaurer Potasche präcipitirt, das edulcorirte Präcipitat mit Wasser vermischt, und nun 24 Stunden lang einem Strom von Schwefelwasserstoffgas (aus Schwefelkies und Salzsäure bereitet) ausgesetzt. Am Ende dieser Zeit erschien eine schwer granulöse Materie auf dem Boden, und eine leichtere, die im Wasser schwomm. Die schwerere löszte sich in Wasser ziemlich leicht auf, die leichtere aber war fast unauflöslich. Um zu wissen, ob das erste Zinn war, ward es mit Rusz in einem mit Thonpaste wohl verstopften Tiegel $^1/_2$ Stunde hindurch geglüht. Nach zwey Tagen ward der Tiegel zerschlagen, und so glücklich, dasz die schwere granulöse Materie ganz und allein abgestoszen wurde; kaum war sie aber eine halbe Minute mit der Atmosphäre in Berührung, so entzündete sie sich von selbst, ohne Knall, und gab eine Flamme, die die Form eines Springbrunnens hatte, und der Theil des Tiegels, der diese Materie enthielt, blieb vollkommen leer zurück. Die herumfliegenden glühenden Theile wurden als bloszer Rusz befunden. Der schwere im Wasser

auflösbare Theil war also nicht Zinn, sondern nur ein Theil davon. Dieser Theil ward nun von neuem gemacht, und mit rothem Quecksilberkalk destillirt, um alle Andronia abzuscheiden. Der Quecksilberkalk ward reducirt, und es entwickelte sich Kohlensäuregas und Lebensluft. Der Rückstand war weisz, und in vielem Wasser auflösbar, wobey sich doch aber ein rothes, vorher nicht bemerktes, Präcipitat absetzte. In Alkalien ist er noch auflöslicher, zum Beweis, dasz er in hohem Grade saurer Natur sey, er hinterläszt dabey denselben rothen Rückstand. Die wäszrigte Auflösung war hinlänglich, um Kalkwasser und mehrere Metall-Auflösungen zu präcipitiren, und gab mit dem ersten ein weiszes Präcipitat, das sich nur zum Theil in kochender Salzsäure auflöszte. Gold ward weisz, ins Gelbe fallend, gefällt, Silber weisz, kaltbereitetes salpetersaures Quecksilber grünlich, bey der Digestion ins Schwarze übergehend, der Quecksilbersublimat aber in kleiner Menge grauroth, in gröszerer weisz, Kupfer aus der Vitriolsäure weisz, mit einer Neigung zum grünlichblau, aus der Salpetersäure aber noch mehr, Eisen aus der Vitriolsäure weisz, aber, stark kalcinirt, aus der Salzsäure gräulich, Zink und Baryt aus der Salzsäure weisz. Die Präcipitate, die eine andre als grüne Farbe hatten, wurden durch Essig weisz gemacht, und ihre Farbe trat in diesen über. Doch wurden die aus Goldauflösung und kaltbereiteter Quecksilberauflösung, mit dem Essig digerirt, violett. Das letztere aber ward nach längerer Digestion wieder weisz.

Die verdünnte Vitriolsäure verband sich mit obigen, durch sein Verhalten gegen die Basen sich als eine Säure zu erkennen gebenden Rückstand durch Digestion, und gab bey der Erkältung grosze Krystalle, ohne Farbe. Dasselbe ohngefähr geschah mit der Salzsäure, die sich aber nicht damit krystallisirte, und eine gelbe Farbe hatte, die beym Zusatz von einem Partikelchen Zinn wieder verschwand. Das unaufgelöszte Residuum blieb weisz.

Aus diesem allen ist nun zu schlieszen, diese aus dem Zinn geschiedne saure Substanz oder Säure sey Tungsteinsäure, aber noch reiner, als die Scheelische, indem sie die Basen weit stärker fällt, als die aus Tungstein oder Wolfram erhaltene.[1]

Durch Salpetersäure, die mit der zwanzigfachen Menge Was-

[1] Bey genauerer Untersuchung wird gefunden, dasz diese etwas Molybdänsäure enthält.

ser verdünnt war, wurde von gekörntem Zinn, bey starker Kälte, in 8 Tagen, ein Theil aufgelöszt, ein anderer aber blieb unaufgelöszt zurück. Dieser unaufgelöszte Theil bestund aus einem aschgrauen Pulver, und aus halbmetallischen Körnern. Aus den letzten liesz sich durch Salpetersäure das Zinn als ein corrodirtes Pulver trennen, der unveränderte Theil liesz sich durch rauchende Salpetersäure auflösen. Dieser ward als Tungstein befunden, der noch nicht Lebensluft genug hatte, um Säure zu seyn. Aus Andronia und Tungsteinsäure liesz sich keyn Zinn wieder hervorbringen, woher es also zu vermuthen ist, dasz noch ein drittes Princip dazu nothwendig seyn musz.

Wir haben jetzt gesehen, wie die Principien der Acidität und Alkalität, unter vielfältigen Verhältnissen, aus einem Körper in einen andern übergehen, und ein ander schwächen oder aufheben; aber nur an Relation haben wir sie erkannt, ohne ihre Natur näher zu erforschen. Dieses wird jetzt unser Gegenstand seyn, wodurch sich zugleich über vieles Andere Licht verbreiten wird.

Bis hieher haben wir gesehen, dasz die Säuren und Basen, wenn sie sich mit einander vereinigen, wechselseitig ihre belebenden Principien ertödten, und solcher Gestalt beyde stumpf werden. Dieses war die innere Veränderung; äuszerlich aber bemerkt man ein Phänomen, das nicht weniger unsere Aufmerksamkeit verdient, dasz nemlich eine sehr merkbare Temperaturerhöhung dabey statt findet, die in geradem Verhältnisz steht mit der Attraction zwischen der Säure und der Basis, und im umgekehrten mit den Zeiten, die die Verbindungen erfordern.

Wird eine rauchende Säure mit einer vollständigen Basis verbunden, so findet eine grosze Temperaturveränderung statt; verbindet man aber eine vollständige Säure mit einer faden Basis, so entsteht zwar eben dasselbe säuerliche Salz, aber die Temperaturveränderung ist bey weitem nicht so bedeutend. Wenn endlich diese rauchende oder vollständige Säure mit einer andern in Synsomatie übergeht, so wird keine solche Veränderung erzeugt werden, wenn nicht andere Ursachen es bewirken.

Wenn eine vollständige Säure mit mehr Basis, als die Neutralisation erfordert, verbunden wird, so wird das Säure-

princip noch vollkommner erschöpft, und daher erscheint die Hitze bey der Verbindung noch stärker.[1]

Eine fade Säure mit einer faden Basis bringt keine Temperaturveränderung hervor, unerachtet beyde dieselben Mittelsalze bilden, wie wenn sie vollständig gewesen wären.

Die Verbindungen der Säuren mit Metallkalken, wobey keine bedeutende Erschöpfung des Säureprincips statt findet, gehen auch vor sich ohne merkbare Temperaturveränderungen.

Auch verändert sich die Temperatur nicht, wenn zwey Neutralsalze sich wechselzeitig zerlegen, aber auch hier gehen keine Bindungen der wesentlichen Principien vor.

Wird eine starke Säure, mit einem Neutralsalz, das eine schwache Säure enthält, in Verbindung gebracht, so hat zwar eine Temperaturerhöhung statt, sie ist aber viel schwächer, als wenn erstere mit der Basis in aller ihrer Integrität verbunden worden wäre.

Ammonium bringt nicht selten mit den Säuren Kälte hervor, indem es ihnen Hydrogen mittheilt, und dadurch macht, dasz sie ihr Säureprincip fester halten.

Also: so oft das Princip der Säure und das der Alkalität sich mit einander verbinden, und so frey werden, wird Wärme hervorgebracht; wenn eins derselben gebunden wird, entsteht Kälte. Es scheint kein vollständigerer Beweis erforderlich zu seyn, um zu der Annahme zu berechtigen, dasz die Ursache der Wärme aus diesen zwey Principien besteht.

Ausser den Temperaturveränderungen, die durch die Hervorbringung der Wärme aus ihren Principien entstehen, können auch solche statt finden, die von der Vermehrung oder Verminderung des schon fertigen Wärmestoffs herrühren. Dergleichen Veränderungen entstehen, wenn die Kapacität der Körper verändert wird, oder wenn Körper verschiedener Kapacität in ein Medium von gröszerer oder kleinerer Temperatur kommen, als die, die sie vorher hatten. Bey jeder Expansion wird die Kapacität vermehrt, bey jeder Kontraction, oder auch Kompression, wird die Kapacität

---

[1] Als Exempel führt *W.* das Knallpulver an. Durch die Erhitzung wird der Schwefel von der Säure des Salpeters verbrannt, aber doch nicht so viel Schwefelsäure hervorgebracht, dasz alles frey gewordene Alkali neutralisirt werden könnte, und daher die grosze Erhitzung, und dadurch hervorgebrachte Expansion der Luft.

vermindert. Doch richtet sich die Kapacität nicht allein nach den Dichtigkeiten; es musz also noch etwas Unbekanntes dabey concurriren, was wir aber noch nicht bestimmen können.

Man nimmt auch fast allgemein an, dasz die Wärme gebunden werden könne, wodurch Kälte enstehe, und dasz sie hingegen, wenn sie wieder frey werde, Erwärmung verursache. So allgemein diese Idee auch ist, so viel hat sie doch gegen sich, denn es wäre doch sehr wunderbar, wenn eine absolut elastische Materie diesen ihren einzigen Charakter ohne alle Ursache aufgeben sollte, um sich in die Bande der Körper, die doch nur durch die konstitutiven Bestandtheile des Wärmestoffs wirken, begeben, wodurch sie aufhören würde, das zu seyn, was sie war. Ohne dem müszte der Wärmestoff, der doch nicht ohne Schwere seyn kann (wie wir nachher beweisen werden), das Gewicht der Körper vermehren, wenn er chemisch darin gebunden würde. Im Allgemeinen lassen sich die Erscheinungen, die man aus Bindung oder Entbindung der Wärme erklären will, auf Veränderungen der Dichtigkeit zurückführen. Um aber den Punkt, der unter allen am meisten für die Fixation der Wärme zu sprechen scheinen möchte, nicht unberührt zu lassen, bemerke ich, dasz die Wärme, die frey wird, wenn eine konstante Luft in eine mehr konkrete Form übergeht, oder die angewandt werden musz, um einen konkretern Körper in Gasform zu bringen, gar nicht das beweisen, was man daraus beweisen will; denn überall, wo irgend ein Stoff in wahres Gas verwandelt wird, musz entweder der elektrische Funke, oder die Glühhitze, oder ein elektrisches Verhältnisz, nach dem Schema der Galvanischen Kette, concurriren, oder, dasz ich es alles in einem bestimmten Ausdruck zusammenfasse, überall, wo ein Gas entsteht, müssen Bedingungen da seyn, die das eine oder andre Princip des Wärmestoffs in Wirksamkeit setzen. Die Lebensluft läszt sich durch Glühen, durch Sonnenlicht und durch Elektricität darstellen, aber nie durch blosze Wärme, entwickeln. Wasserstoffgas wird auch, durch Elektricität, entweder aus einem elektrischen Apparat, oder aus Körpern, die mit einander eine elektrische Kette machen, oder durch Glühhitze mit Eisen, aus dem Wasser, dargestellt; aber wenn es mit der Fixation der Wärme seine Richtigkeit hätte, möchte ich wohl fragen: woher denn die grosze Menge Wärme, die zur Gasform des Wasserstoffs erforderlich ist, komme, wenn man Wasserstoffgas

aus Zink und Salzsäure, und dergleichen, entwickelt? Wenn die Wärme durch das entstehende Gas fixirt würde, müszte ja Kälte entstehen, aber das Entgegengesetzte findet ja statt. Noch mehr zeigt sich dieses bey der Entwicklung von Lebensluft und Wasserstoffgas bey der Voltaischen Säule; denn da hier, zwischen jeder Schichtung, diese zwey Luftarten sich entwickeln, müszte ja die Temperatur der Säule in jedem Augenblick sinken, was aber nicht statt findet. Was hier von diesen zwey Luftarten erwiesen ist, liesze sich auch von allen andern geltend machen: für unsern Zweck aber mag dieses genug seyn; die vollständige Ausführung würde uns zu weit führen.

Eben so wie die Wärme aus ihren zwey Principien zusammengesetzt werden kann, läszt sie sich auch in dieselben wieder zerlegen. Ein Mittel hierzu ist die Friction, die die Wärme in den geriebenen Körpern sammelt, und, wenn sie heterogener Natur sind, wie Glas und Metall, sie zerlegt, so dasz das erste das Princip der Acidität, das letzte das der Alkalität anzieht.[1] Wenn das Metall mit der Erde in leitender Verbindung steht, erhält es von dieser beständig Alkalitäts-Princip, indem das Glas Säure-Princip anzieht. Das erste wird negativ, das zweyte positiv. Der saure Geschmack, den der positive Konductor erregt, und der entgegengesetzte von dem negativen ist bekannt genug. Die Verbindung beyder Elektricitäten mit einander ist der Uebergang der Principien der Wärme aus Differenz zur Indifferenz. Wenn dieser Uebergang durch die Luft oder einen andern schlechten, nicht festen, Leiter geschieht, geht allezeit der Funke von dem obersten Konductor zum untersten, gleich viel, welcher der positive oder negative ist. Dieses ist ein Beweis der Schwere des Wärmestoffs, der vielleicht blos seiner Neuheit wegen nicht einleuchtend scheint.[2]

Wenn rauchende Salpetersäure, oder Salpetergas, mit dem positiven Konductor in leitende Verbindung gebracht

[1] Dieses streitet zwar gegen *W.*s Behauptung, welcher annimmt, dasz E sey Princip der Alkalität, ÷ E hingegen Princip der Acidität. Sein Hauptgrund ist der, dasz die rauchenden Säuren die Wirkung des positiven Konduktors haben, und in nicht rauchende verwandelt werden, welches nach ihm eine Verminderung des Säureprincips ist. Ich glaube durch die oben gegebne Erklärung, von der Würkung des E auf das Salpetergas meine Meinung genugsam gerechtfertiget zu haben, ohne an die Galvanischen Thatsachen, die dafür sprechen, die aber *W.* damals noch nicht bekannt seyn konnten, zu erinnern.

[2] *Ritter* hat auf einem andern Weg dasselbe Resultat gefunden, und wird denen zur Rede stehen, die *W*'s Behauptung gar zu paradox finden möchten.

werden, so schwächen sie die Wirkung desselben. Frisch bereitedes Salpetergas, mit Quecksilber gesperrt, verhindert lange die elektrischen Wirkungen. Wenn es diese Kraft verloren hat, so erhält es dieselbe wieder durch etwas hinzugesetztes Kalkwasser, und solcher Gestalt kann es öfters seine Kraft verlieren und wiedererhalten, bis zuletzt nichts als Azotgas übrig ist, welches nur 0,3 des Ganzen ausmacht. Der Kalk ist aber in salpetersauren Kalk verwandelt worden. Gewisz wird hier etwas Lebensluftbasis in einer Verbindung, (vielleicht im Wasser, oder vielleicht auch im Azot) aus dem stumpfen in den mehr belebten Zustand versetzt, und verbindet sich nun mit dem Salpetergase. So lange das Salpetergas noch nicht die Fähigkeit verlohren hat, Säureprincip anzuziehen, schlägt der Funke blau durch, wenn aber diese ganz verschwunden ist, erscheint er roth. Der blaue Funke ist aber ein Zeichen der Desoxidation, der rothe hingegen der vollkommnen Oxydation.

Die sprechendsten Thatsachen für die Rolle, die die Elektricität in den Säuren und Basen spielt, geben die Phänomene des Wassers in der Voltaischen Säule. Wie bekannt, wird das Wasser, da wo es oxydirt wird oder Lebensluft giebt, sauer, da hingegen wo es Wasserstoffgas giebt, alkalisch, und die Kochsalzauflösung zwischen den Platten zerlegt sich, und giebt auf der Hydrogenseite sein Natron, auf der entgegengesetzten aber seine Säure, die sich mit dem entstandenen Zinkkalk verbindet, ab. Zwar hat man nicht allezeit Säure und Alkali in reinem galvanisirtem Wasser gefunden, und auch nicht die Bedingungen ganz bestimmt herausgebracht, unter welchen diese Ergänzungen statt finden, aber so viel ist doch gewisz, dasz sie nicht von Unreinigkeiten im Wasser herrühren, da man, (nach *Simon's* Versuchen) aus demselben reinen Wasser, worin, nach mehreren Tagen, Gaserzeugung mit Platinadräthen als Leiter, keine Säure oder Alkali erschien, mit Silber als Leiter in sehr kurzer Zeit beydes erhält. Vielleicht wird eben um so viel mehr Säure und Alkali hervorgebracht, je weniger Elektricität auf die Gashervorbringung verwendet wird, wenigstens findet man allezeit, (so weit es mir noch bekannt ist), da Säure im Wasser, wo sich das eine Metall oxydirt.

Es ist also die Elektricität, die alles belebt, und die Principien konstituirt, ohne welche wir gesehen haben, dasz die wirksamsten Stoffe die unsere chemische Kunst jemals

entdeckt hat, tod und unwirksam seyn würden. Wir begreifen nun warum die Friction im Stande ist alle chemische Wirkungen zu befördern, und sogar solche Verbindungen zu Wege zu bringen, die freywillig nicht statt haben würden. Man braucht wohl hier kaum die Exempel zu suchen; um Vieles in Einem zu erwähnen, erinnere man sich nur an die vielen Verpuffungen, die durch eine blosze schwache oder starke Erschütterung hervorgebracht werden.

Die Aehnlichkeit der magnetischen Phänomene mit den elektrischen ist schon lange anerkannt, und neuerdings durch wichtige Versuche noch weiter durchgeführt;[1] hier sey es uns also mit *W.* erlaubt, einige Sätze als Beyträge zur Theorie derselben problematisch herzusetzen.

1) Der Magnet verhält sich gegen die Erde wie gegen einen andern Magnet.

2) Der Stahl verhält sich gegen die Erde wie gegen einen andern Magnet, indem er Magnetismus davon annimmt, besonders wenn er glühend in die Richtung der magnetischen Linie der Erde erhalten wird.

Ist die Erde also ein Magnet?

3) In dem Theil der Erde, die vom Winter getroffen wird, sehen wir eine grosze Menge Wärmestoff verschwinden.

4) Die Wärme bewegt sich aber, auch durch die besten Leiter, sehr langsam.

Ist es also wahrscheinlich, dasz der Wärmestoff sich mit Veränderung der Jahreszeiten, auch von einer Hemisphäre der Erde zur andern bewege? oder, wäre es nicht vielmehr anzunehmen, dasz bey schief auffallenden Sonnenstrahlen der Wärmestoff zerlegt werde, dagegen bey mehr perpendiculär auffallenden, zusammengesetzt würde?

5) Im Winter verläszt die Wärme die Oberfläche der Erde früher, als die Theile unter derselben, und kommt hingegen später wieder dahin des Sommers als zu der Oberfläche.

[1] *Ritter's* Beyträge zur nähern Kenntnisz des Galvanismus Bd. II. St. 1.

6) Die Ueberwölkung des Himmels temperirt des Winters die Kälte, des Sommers die Wärme.

Hindert vielleicht dieselbe Ursache im Winter die Resolution des Wärmestoffs, die die Sonnenstrahlen schwächt, und hingegen im Sommer die Hervorbringung desselben hindert? Die Erwärmung des Winters würde also von dem Wärmestoff der Erde kommen, und im Sommer die Erkältung durch die Ableitungskraft der Erde bewirkt werden.

7) Die Principien der Acidität und Alkalität bey der Elektrisirmaschine scheinen nur auf die lebendigen Körper kräftig zu wirken, und wenig auf die unorganischen, (ausgenommen auf die, die das eine oder das andere Princip schon besitzen).

8) Dieselbe Würkung haben die Jahreszeiten. Können die getrennten Principien der Wärme vielleicht in der Erde gebunden seyn, ohne eine merkbare Spur ihres Daseyns?

9) Die höheren Theile der Erde sind wie bekannt die kälteren, und der Schnee auf den höchsten Bergen wird blos von unten auf geschmolzen.

Würden daher die getrennten Wärmeprincipien wieder vereiniget in einer sehr geringen Höhe über dem Meer? Oder mangelt es an den höhern Oertern an Principien der Restitution der Wärme?

10) Die Magnetnadel wendet sich beständig nach den Polen, und glühender Stahl wird durch die blosze Lage magnetisch.

11) Die getrennten Principien der Wärme verbinden sich mit einander mit der gröszten Geschwindigkeit, auch durch die längsten Konduktoren, (wenn sie nur nicht durch schlechte unterbrochen sind).

Begiebt sich vielleicht jeder Theil der Wärme, im Winter, zu einem von den Polen, um wieder hinzugehen, wo der Sommer hintrifft? Die Wärme selbst scheint einer so schnellen Bewegung nicht fähig zu seyn.

12) Der Sommer zeichnet sich von dem Winter auch durch die feurigen Meteore aus.

Sind vielleicht diese, die Phänomene des allgemeinen Magnetismus? Da sie aber nicht constant sind, welche Nebenursachen finden dabey statt?

13) Eine Magnetnadel besteht aus sehr vielen anderen mit ihren eignen Polen versehenen Magneten.

14) Die retractorischen Körper, wie Eisen, sind durch äussere Einwürkung, nicht durch selbstständige Kraft, Magnete.

15) Das Sonnensystem erstreckt sich so weit, wie die wärmeerzeugende Kraft der Sonne.

16) Das Licht allein hat keine Schwere, weil es von der Sonne, in entgegengesetzter Richtung der Schwere ausgestossen wird.

Sind alle schwere Körper Magnete?
Sind die Grade des Magnetismus verschieden?
Der erste das Phänomen aller schweren Körper?
Das zweyte das der durch Reibung polarisch gewordenen?
Der dritte das Phänomen der Polarität, die sich nach der der Erde richtet.

Welche Nebenursache giebt magnetischem Stahl sein Verhältnisz zum Eisen?

Ist das Licht die Ursache des Magnetismus? und mithin der Schwere?

Die Zerlegung und Zusammensetzung der Wärme spielt eine grosze Rolle in der Natur, und in den Phänomenen des Magnetismus; und auch in dem thierischen Leben haben sie unaufhörlich ihr Spiel.[1] Dies bis auf ihre Wurzel zu verfolgen wäre gewisz äusserst wichtig, und würde das höchste Interesse haben, hier müssen wir uns aber begnügen einige merkwürdige chemische Phänomene, die uns zum Theil schon früher vorgekommen sind, darauf zurück zu führen.

Wir haben schon vorhin gesehen, dasz die abgestumpften Säuren sich durch Glühhitze redintegriren. Die Er-

---

[1] Eine sehr bekannte Sache in der Chemie, dasz Essig sich durch Kochen besser conservirt, schlieszt sich hier an. Die Infusions-Thiere darin werden nemlich dadurch getödtet, und nur als lebendige konnten sie dazu beytragen, ihn fad zu machen; denn die Berührung einer lebendigen Hand macht auch den Essig fad, ob er gleich selbst geschickt ist, todtes Fleisch zu conserviren.

klärung hievon ergiebt sich jetzt von selbst. Die eines Theils ihres belebenden Princips beraubten Säuren finden hier wieder den Stoff, den sie begehrten, und wenn sie sich nicht hiebey redintegriren, so musz noch eine andere Ursache mit im Spiele seyn. Um die Beyspiele, die wir schon im Vorgehenden gehabt haben, mit einigen zu vermehren, wollen wir noch folgende anführen. Salpetersäure mit schwachen Basen verbunden giebt, bey der Erwärmung, erst theils vollständige, theils unvollständige Säure, hernach blos unvollständige, und endlich den letzten Theil, der blos durchs Glühen ausgetrieben werden kann, wieder vollständig. Die Kohlensäure, die im Minium und den vegetabilischen Körpern nur im Zustande der höchsten Desoxydation da ist, wird durch Glühhitze davon im vollständigen Zustande ausgetrieben.

Aus dem essigsauren Kupfer wird der Essig durch die Wärme nur zum Theil vollständig ausgetrieben, bey dem Glühen aber geht er blos vollständig über.

Fade Boraxsäure giebt mit Weingeist angezündet, erst nur ein blaues Licht, nachher aber ein grünes, zum Beweis, dasz die Flamme sie redintegrirt hat.

Dasz Schwefel nicht in der Glühhitze mehr oxydirt wird, kommt daher, dasz der Schwefel nur in Verbindung mit Hydrogen sich als sauer darstellen kann. Wie viel aber die Glühhitze auch hier wirkt, sieht man daraus, dasz Schwefeldämpfe nicht mit Hydrogengas Verbindung eingehen, im Focus eines Brennspiegels aber, sich darin auflösen, und Schwefelwasserstoffgas, das ist eine Säure werden. Fast eben so geht es mit der Boraxsäure, die, indem sie zu Glas schmilzt, nicht vollständig wird, durch sehr starke Säuren, aber aus ihren Verbindungen ausgeschieden, vollständig erscheint, weil sie daraus Lebensluftbasis erhält. Dieses verräth sich dadurch, dasz Kupfer, das von Feuchtigkeit frey war, damit geschmolzen, sich verkalkt, wobey eine Luft sich entbindet, die noch nicht untersucht ist.

Die vollständigen Säuren werden durch leuchtende Hitze Hyperoxyde. So kann Schwefelsäure, der man durch Destillation ihren flüchtigen Theil geraubt hat, dadurch wieder bis auf einen gewissen Grad, dem jedoch das beygemischte Wasser Grenzen setzt, rauchend werden. Das starke Licht, womit Phosphor verbrennt, macht die hervorgebrachte Säure gleich zum

Hyperoxyd, so dasz sie erst durch hinzukommendes Wasser aus diesem Zustande herausgebracht werden kann. In der Atmosphäre ist die Lebensluft zwar im vollständigen Zustande, sie kann aber doch noch mehr oxydirt werden, wenn sie glühend aus den Metallen getrieben wird, in welchem Zustande sie Eisen zu verbrennen, und mehrere Phänomene hervorzubringen im Stande ist, was die Lebensluft der Atmosphäre nicht vermag.

Die Zerlegungen mehrerer Pflanzensäuren durch Feuer scheinen auch auf einer solchen Hyperoxydation zu beruhen, so dasz wir finden, dasz gewisse Säuren nur einen Mittelzustand von Oxydation vertragen, und bey zu groszer Vermehrung oder Verminderung desselben auseinandergehen müszten. Diese Vorstellung wird auch durch das Verhältnisz mehrerer Metalloxyde im Feuer bestätiget, indem sie bey dem Glühen, alle, oder doch einen Theil ihrer Lebensluft, fahren lassen, wodurch sie beweisen, dasz sie diese nur in einem weniger oxydirten Zustande enthalten können.

Merkwürdig ist es, dasz die Basen sich durch eine weit geringere Wärme redintegriren lassen, als die Säuren. Wir haben schon im Vorigen Beyspiele hiervon gehabt, und brauchen hier nur noch anzuführen, dasz, wenn man fade Potasche mit rauchender Schwefelsäure kocht, man doch nur das gewöhnliche Salz, schwefelsaure Potasche daraus erhält, eine Redintegration, die nur durch die Wärme hervorgebracht werden kann.

Schreiben an einen Freund über *Winterl's* Prolusionen.

Sie schreiben mir, theurer Freund, dasz Sie mit meinem Urtheile über *Winterl's* Prolusionen, nicht einig seyn können. Sie sehen in dieser Schrift nur eine Sammlung von wenig genau beschriebenen Versuchen, von gewagten Schlüssen, ja wohl gar von groben Verstöszen gegen die bisherigen Erfahrungen. Sie gestehen mir auch, dasz Sie daher die Prolusionen keines weitern Studiums gewürdiget haben, und noch weniger eine Reihe von seinen Versuchen haben wiederholen mögen. So werth mir auch Ihr Urtheil sonst immer ist, so glaube ich doch, hier ein bedeutendes Uebergewicht über Sie zu haben, da ich die Prolusionen nicht allein gelesen, sondern auch mit Fleisz studirt habe. Ohne dieses wird man nicht leicht die Idee des Ganzen auffassen, diese mit dem Kreisz der bisherigen Erfahrungen vergleichen, oder noch weniger sie

philosophisch beurtheilen können. Ich darf also hoffen, dasz wir noch über diese wichtige Sache einig werden können, wenn ich Ihnen das, was ich für *W's* Theorie zu halten Grund habe, ganz summarisch mittheile, und die Hauptsätze mit lauter solchen Versuchen, die nicht ursprünglich von *W.* herrühren, belege. Ich werde mich hierin nicht an die gröszte scientivische Strenge binden, sondern die verschiedene Theile so zusammenstellen, wie sie sich uns auf dem gegenwärtigen Standpunkt am leichtesten darbieten.

Die Principien der Elektricität sind auch die Ursachen der Acidität und Alkalität.

Der saure Geschmack, den der positive und der alkalische, den der negative Konductor erregen, müssen schon darauf aufmerksam machen. Die Versuche mit der elektrischen Säule, haben dieses noch mehr bestätiget, indem das damit in gehörige Verbindung gesetzte Wasser, auf der positiven Seite, sauer, auf der negativen, alkalisch wird. Zwar haben einige dieses nicht, mit Platinadräthen, und reinem Wasser, erhalten können, aber aus demselben Wasser, das so behandelt, nur Gas gab, erhielt *Simon* doch Säure, als er es durch Silberdräthe in Verbindung mit der Säule setzte. Wo nicht die geringste Verkalkung statt findet, scheint es nicht, dasz ein solches Eingreiffen der Elektricität in das Wasser statt findet, wie es nothwendig ist, um eine Säure- und Alkalierzeugung zu bewirken.

Der hier dargethane Hauptsatz ist, wie Sie sehen werden, sehr fruchtbar. Es folgt daraus:

Acidität und Alkalität sind einander entgegengesetzt:

Sie müssen sich also einander in ihrer Verbindung wechselseitig aufheben.

Wird dieser Schlusz nicht auf das schönste durch die Erfahrung bestätiget; denn was ist die Neutralisation anders, als Indifferenz der Acidität und Alkalität?

In einer Verbindung von Säure und Alkali, sind also beide in einem abgestumpften Zustande da.

Die Säuren und Alkalien enthalten ihre Principien nicht in dem freien Zustande, wie die elektrisirten Körper, sondern ihre belebende Principien sind gebunden, in einigen Säuren und Alkalien mehr, in andern weniger. Die Säure oder das Alkali worin das belebende Princip freier ist, wird stärker (mehr thätig) erscheinen, als solche, worin es fester gebunden ist.

Daher ist die gegenseitige Aufhebung der Alkalität und Acidität durch einander nie absolut, sondern nur relativ. Also kann eine Säure oder ein Alkali in verschiedenen Graden abgestumpft werden, entweder durch die überwiegende Menge oder Stärke der einen oder der andern.

Sie werden mir sagen, diese Schlüsse finden zwar keinen Widerspruch in der Erfahrung, ja Sie werden mir gestehen, dasz sie Sie leicht überzeugen könnten, wenn nur noch ein Experiment, ohne welches Sie, aus Vorsicht, keinen Satz in der Physik annehmen wollen, hinzukäme. Ich könnte leicht diese Forderung durch Anführung neuer Experimente aus den Prolusionen befriedigen, aber wir wollen, unserm Vorsatz getreu, nur bey den alten stehen bleiben. Wenn es wahr ist, dasz die Säure und das Alkali in ihrer neutralen Verbindung abgestumpft existiren, so müssen sie auch sich abgestumpft von einander trennen lassen, wenn man nur ein Mittel hiezu anwendet, welches weder Säure- noch Alkalitätsprincip giebt oder nimmt. Ein solches Mittel ist Wärme. Wenn ich also Salpetersäure aus ihrer Verbindung mit Potasche durch blosze Wärme heraustreibe, so musz diese Säure weniger sauer erhalten werden. Dieses stimmt auch vollkommen mit der Erfahrung überein, wenn wir nur alle Umstände recht erwägen. Man erhält nemlich Stickgas und Lebensluft, und ist dieses gasförmige Gemisch nicht weniger sauer, als die Salpetersäure? — Sie werden vielleicht einen Augenblick glauben, dasz dieses von der Mischungsart herrühren möchte, aber diese Meinung müssen Sie fahren lassen, wenn Sie überlegen, dasz wir nur durch Elektricität das Gemisch aus Stickgas und Lebensluft in Salpetersäure verwandlen können, also nur dadurch, dasz wir ihm Säureprincip mittheilen.

Dasz das Sonnenlicht auch die Salpetersäure zerlege, ist keine Einwendung dagegen, denn sie reducirt auch Hornsilber, und zeigt überall, dasz das negative Princip darin die Hauptrolle spiele, welches auch *Ritter* durch seine Versuche gefunden, und eigentlich zuerst unter allen bestimmt eingesehen hat.

Aus diesem bekannten Versuch, der leicht mit andern eben so bekannten verglichen werden kann, lernen wir nicht allein, dasz die Säuren in einem abgestumpften Zustande in den Neutralsalzen existiren, sondern auch, dasz einige Substrate der Säuren nur mit einer gewissen Quantität von Säureprincip bestehen können, und dasz mit weniger die Theile auseinandergehen. Dasselbe könnte

auch der mögliche Fall seyn, wenn mehr belebendes Princip zugesetzt würde, und dieses finden wir auch wirklich bey den Metallkalken, die durch das Rothglühen ihre Lebensluft fahren lassen, denn im rothen Lichte hat das Säureprincip die Ueberhand, wie *Ritter* bewiesen hat.

Dasz es eben so wohl abgestumpfte Alkalien, wie abgestumpfte Säuren gebe, ist natürlich, nur können wir es nicht mit so treffenden Thatsachen belegen, doch haben wir ein Exempel an dem Natron in dem natürlichen Borax, welches weniger Alkalität hat, als zur vollkommenen Integrität gehört; welches man daraus sieht, dasz wenn man Weinstein mit Borax sättiget, er nichts von seiner Säuerlichkeit verliert, welches doch geschehen müszte, wenn das überschüssige Natron in dem Borax nicht schon stumpf wäre. Der Boraxweinstein scheint sogar auf der Zunge saurer als vorher, dieses kommt aber blos von der gröszeren Auflösbarkeit.

Die vollständige Reihe von Thatsachen, wodurch diese Gesetze, oder besser, dieses Gesetz, bestätiget wird, hat *W.* erst entdeckt, und uns mitgetheilt.

Jetzt kommen wir auf einen Hauptsatz in *Winterls* System, und eigentlich zu einem solchen, der in einem strengen synthetischen Vortrag an die Spitze des Ganzen gestellt werden müszte. Er ist kein anderes, als:

Das Wärmeprincip ist zusammengesetzt aus dem Princip der Acidität und dem der Alkalität.

Dieses lernen wir zum Theil daraus, dasz die Verbindung einer hinlänglich starken Säure mit einer alkalischen Materie Wärme hervorbringt. Man weisz hier keine andere Ursache der Wärme, als eben die, dasz Säure- und Alkalitäts-Princip sich hier mit einander verbinden. Um alle scheinbaren Ausnahmen der Thatsachen von diesem Gesetz zu beleuchten, wäre eine sehr weitläuftige Auseinandersetzung, wozu auch einige von *W's* eigenthümliche Versuche gebraucht werden müszten, nothwendig. Ich will lieber daher den Beweis durch mehrere Thatsachen verstärken, und werde schon zufrieden seyn, wenn ich genug dargebracht habe, um Ihre ganze Aufmerksamkeit rege zu machen, sollte ich auch hier die Gelegenheit nicht haben, das Ganze so auszuführen, dasz es die Strenge eines Beweises recht durchblicken läszt. Ein Hauptumstand ist es, dasz alle Frictionen entweder Wärme oder Elektricität hervorbringen, und wenn man genau alles untersuchte, würden

gewisz beide zugleich, nur in verschiedenen Verhältnissen, dabey erscheinen. So viel ist aber doch gewisz, dasz, im Allgemeinen, Leiter homogener Art, an einander gerieben, vorzüglich Wärme, Leiter heterogener hingegen Elektricität geben. Wo also keine Ursache da ist, die Principien der Wärme von einander zu trennen, da erscheint Temperaturerhöhung, wo aber der eine Körper mehr geneigt ist, +, der andere, −, zu werden, da geht eine Trennung vor, und es erscheint Elektricität. Solchergestalt wird die Wärme oft hervorgebracht, wo man glaubte, sie nur ausgeschieden zu haben, aber doch läugnen wir gar nicht, dasz auch Temperaturveränderungen durch abgeänderte Kapacität, welche bey Vermehrung und Verminderung der Volumina der Körper statt findet, möglich wären, wir behaupten dieses im Gegentheil. Nur die Bindung des Wärmeprincips geben wir nicht zu, und finden auch nichts in den Beweisen dafür, das nur auf diese Weise erklärbar wäre. Bey den Luftbildungen, woraus man doch die vorzüglichsten Beweise für diese Meynung ziehen wollte, finden Umstände statt, die sich gar nicht mit dieser, mit unserer Theorie aber, vollkommen vereinigen lassen. Z. B. wenn Kohlensäuregas durch eine andere Säure aus Kreide entwickelt wird, sollte nach der Theorie der Bindung der Wärme eine starke Erkältung der Umgebung erfolgen, wir entdecken aber keine. Wir erklären uns dieses sehr einfach, dadurch, dasz die hinzugesetzte Säure, die mit der Kalkerde in Verbindung geht, ihr belebendes Princip an die Kohlensäure giebt, und nun erscheint sie als Gas. Eben so verhält es sich mit der Entwickelung des Hydrogengases, wo eben so wenig eine solche Erkältung hervorgebracht wird, wie man erwarten müszte, wenn ein Theil des Wassers viele tausendmal mehr Volumen annimmt. Wir erklären, durch die Galvanischen Entdeckungen doppelt dazu berechtiget, jede solche Entwicklung für einen elektrischen Procesz, und wissen, dasz das Hydrogengas das alkalinische Princip enthält, das Oxygengas hingegen enthält das Säureprincip.

Die constituirenden Principien der Wärme, die in den Alkalien und Säuren, in der Elektricität, und in dem Lichte ihre Rolle spielen, sind auch die Principien des Magnetismus, und solcher Gestalt hätten wir denn die Einheit aller Kräfte, die in einander greiffend, das ganze Weltgebäude regieren, und die bisherigen physikalischen Kenntnisse vereinigen sich also zu einer Physik aus einem Stück, (eine ganze Physik haben wir damit noch nicht), denn bringen nicht

Reibung und Stosz sowohl Wärme als Elektricität hervor, und greiffen nicht dadurch Dynamik und Mechanik vollkommen in einander ein? (Dieses wird, wenn es nöthig seyn sollte, noch einleuchtender werden, wenn wir alle *Ritter's* schöne, zum Theil schon längstens gemachte, hierin einschlagenden Entdeckungen mit einem Blick werden übersehen können). Unsere Physik wird also nicht mehr eine Sammlung von Fragmenten, über Bewegung, über Wärme, über Luft, über Licht, über Elektricität, über Magnetismus, und wer weisz, was alles mehr, seyn, sondern wir werden mit einem System die ganze Welt umfassen. Ein jeder thue, was in seinen Kräften stehe, um das grosze Werk der Vollendung zu nähren.

Ich habe Ihnen hier die Grundzüge von dem, was *Winterl's* System mir gegeben hat, mitgetheilt, ich darf wohl aber doch nicht ganz versäumen, ein Paar Worte von der Andronia zu sagen, wovon einige geglaubt haben, dasz *W's* ganzes System darinn bestände. Da ich Ihnen nicht auch für diesen Theil bekannte Versuche anführen kann, begnüge ich mich damit, Sie darauf aufmerksam zu machen, dasz diese allgemein verbreitete saure Substanz in der Thelyke, eine gleiche alkalische, ihren Gegensatz, findet, dasz sie mit dieser alle Erdarten und Alkalien zu constituiren scheint, und dasz ebenfalls viele Metalle, vielleicht alle, Andronia enthalten.

Andronia giebt, mit Lebensluft, Wasser und Säureprincip, Kohlensäuregas, mit Lebensluft und alkalischem Princip, Stickgas. Daher kommt es, dasz *von Hauch*, als er Wasser über glühendes Zinn und Bley trieb, Stickgas und Lebensluft erhielt (im Verhältnisz von 64 zu 36, und 65 zu 37), die Metalle hingegen verflüchtigt wurden. Zinn enthält schon, nach andern Versuchen von *W.*, Andronia, und Bley musz es ebenfalls. Der Theil des Metalls, der nicht Andronia war, hatte sich ohne Zweifel mit dem Hydrogen des Wassers verbunden, und das sogenannte Oxygen hatte zum Theil, mit der Andronia, Stickgas gebildet.

Diese wenigen Worte mögen hinlänglich seyn, um Ihnen zu zeigen, wie viel wir von der Endeckung der Andronia und der Thelyke in der specielleren Chemie zu erwarten haben. Die zum Theil ausführlich beschriebenen Versuche finden Sie in den Prolusionen.

Leben Sie wohl, und lassen Sie sich die *Winterl'*sche Chemie recht empfohlen seyn.

Oersted.

CORRESPONDENZ

(NEUES ALLGEMEINÈS JOURNAL DER CHEMIE. HERAUSGEGEBEN VON ADOLPH FERDINÁND GEHLEN.
3. BD. P. 322—324. BERLIN 1804)[1]

Copenhagen, den 10. September 1804

Meine physicalischen Arbeiten gehen zum Theil mit meinen Vorlesungen parallel, und daher bin ich erst in diesen Tagen auf die Untersuchungen über *Winterl's* Chemie zurückgekommen. Als ich in Berlin war, hatte ich schon in des Herrn Geh. R. *Hermbstädt's* Laboratorium eine Reihe von Versuchen über *Winterl's* abgestumpfte oder geschmacklose schweflichte Säure angefangen, wurde aber durch meine Reise von der Fortzetzung derselben abgehalten. Ich fand aber während dieser Arbeit ein neues Beyspiel zu den vielen ältern, welche beweisen, wie sehr oft es unsern, für ausgemacht angesehenen, chemischen Kenntnissen an Zuverläszigkeit fehlt. Das schweflichtsaure Kali, womit ich arbeitete, war nach *Fourcroy's* und *Vauquelin's* Vorschrift gemacht, und stimmte ganz mit der äuszern Beschreibung, welche diese Chemiker davon gegeben haben, überein. Es war aber kein Neutralsalz sondern ein Acidule, dessen Auflösung die blauen Pflanzensäfte röthete, mit kohlensaurem Kali brauste u. s. w.; die neutrale Verbindung war kaum krystallisirbar. Das schweflichtsaure Kali verwandelte sich durch Einwirkung der Luft auch nicht, wie *Fourcroy* und *Vauquelin* meynen, in schwefelsaures, sondern es entsteht ein dreyfaches Salz aus Schwefelsäure, schweflichter Säure und Kali. Dieses Salz schieszt in niedrigen sechsseitigen Prismen an, ist schwerer in Wasser auflöslich als das schweflichtsaure, leichter aber als das schwefelsaure Kali und stöszt mit einer stärkern Säure, als die schweflichte, behandelt, einen schweflichtsauren Geruch aus. — Ueber die abgestumpfte schweflichte Säure *Winterl's* werde ich Ihnen sehr bald weitere Nachricht geben können.

Ueber die Behauptung des scharffsinnigen *Rumford,* dasz ein Theilchen eines flüssigen Körpers einem andern nicht Wärme mittheilen könne, habe ich Versuche angestellt, die, ihrer Einfachheit

[1] [Zum Teil auch in: »The Philosophical Magazine« by Alexander Tilloch. Vol. XXIII. P. 80, 129—130. London 1805. Hier wird angegeben, dasz die Abhandlung nach »Van Mons Journal« Vol. VI abgedruckt ist.]

wegen, vielleicht die entscheidendsten seyn dürften, die man bisher über diesen Gegenstand anstellte. Ich erwärmte Quecksilber bis über den Siedepunkt des Wassers, und setzte nun einen Tropfen Wasser auf die Oberfläche desselben: das Wasser gerieth gleich ins Sieden; ein Tropfen Alkohol oder Aether verdampfte gleich etc. Auch erwärmtes Oel oder Wasser bringen einen Tropfen Alkohol oder Aether im Augenblick sum Sieden und Verdampfen. Ich liesz allezeit die Flüssigkeit, die ich hinauftröpfelte, auf die Mitte der Oberfläche der erwärmten Flüssigkeit fallen, wo sie auch gleich siedete und verdampfte, ohne zu den Seitenwänden des Gefäszes zu kommen. Es war also nicht möglich, dasz die hinaufgetröpfelte Flüssigkeit die Wärme anders woher, als von der erwärmenden Flüssigkeit bekommen konnte.

Diese Versuche gaben noch zu einigen andern Beobachtungen Gelegenheit. Es ist schon längst bekannt, dasz Wasser, auf ein sehr heiszes Metall getröpfelt, nicht so leicht verdampft, wie wenn das Metall weniger erhitzt ist. Eben dies zeigt sich bey den andern Flüssigkeiten. Dasselbe erwärmte Quecksilber, worauf ein Tropfen Aether augenblicklich verdampfte, auf einen noch höhern Grad erwärmt, brachte nicht diese schnelle Verdampfung zu Stande, sondern der Aethertropfen lief auf der Oberfläche des erhitzten Quecksilbers einige Secunden herum und verschwand nur allmählig. Wurde das Quecksilber noch stärker erhitzt, so fand zwar noch dasselbe Phänomen Statt, aber der Aether wurde zugleich ganz schwarz, und es verbreitete sich darauf ein angenehmer Essiggeruch. Dieselben Phänomene, ausgenommen den Essiggeruch, zeigte auch der Alkohol, nur Alles bey etwas höherer Temperatur. Es scheint also die schwerere Verdampfung einer Flüssigkeit, bey erhöhter Temperatur, das Phänomen einer innern Veränderung zu seyn, welche gewisz in verschiedenen Temperaturen verschieden ist. Vielleicht mögten die Versuche über die Verwandlung des Wassers in Stickgas noch einmahl zur Sprache kommen.

Ich will noch keine vollständige Erklärung dieser Versuche wagen, ich halte sie dazu für noch nicht reif genug. Ich will nur noch hinzusetzen, das die schwerere Verdampfung des Aethers bey erhöhter Temperatur sich auch auf der Oberfläche von er-

hitztem Oel oder concentrirter Salzauflösung darstellen läszt. Sobald meine Zeit es mir erlaubt, werde ich diese Versuche fortzusetzen und zu erweitern suchen.

J. C. Oersted.

GALVANISCH-CHEMISCHE BEMERKUNGEN

VON DR. I. C. OERSTED[1]

(NEUES ALLGEMEINES JOURNAL DER CHEMIE. HERAUSGEGEBEN VON ADOLPH FERDINAND GEHLEN. 3. BD. P. 578—580. BERLIN 1804)

Ich habe neuerlich ein vorher nicht beobachtetes galvanisch-chemisches Phänomen entdeckt. Die Veranlassung dazu war folgendes: *Ritter* hatte schon vor mehrern Jahren uns die Entdeckung mitgetheilt, dasz die Leiter der electrischen Säule, in die Flamme eines Lichtes gehalten, sich mit Ruszfiguren besetzen. Die Ruszfiguren der Hydrogenseite sind vegetabilische, die auf der Oxygenseite aber haben eine davon abweichende Figur. Es war zu vermuthen, dasz jede Oxydation mit derselben Formung verbunden sey. Dieses wollte ich untersuchen. Ich setzte daher eine Auflösung von essigsaurem Bley in Verbindung mit den Polen der Säule. Auf der Oxygenseite müszte der aufgelöste Bleykalk stärker oxydirt werden, und als brauner Bleykalk sich präcipitiren, auf der Hydrogenseite hingegen müszte er sich reduciren, und so ausgeschieden werden. Dies geschah auch. Auf der Hydrogenseite erhielt ich eine schöne metallische Bleyvegetation, auf der Oxygenseite aber einen braunen Bleykalk, welcher Figuren bildete, die mit den positiven Ruszfiguren verglichen werden können. Ich würde diese Figuren am liebsten mit den Pflanzenwurzeln vergleichen[2]. Es wären also Oxydation und Desoxydation mit bestimmten Formen verbunden, welche hervorkämen, wenn keine äussere Ursachen dagegen wären? Es wären also die organischen Formen nothwendige Producte des innern chemischen Processes? Ueber diese und mehrere hiemit verbundnen Fragen werde ich

---

[1] Aus einem Schreiben desselben.

[2] Man vergleiche mit diesen Bemerkungen Herrn *Ritter's* oben befindliche.

nächstens in einer dazu bestimmten Abhandlung mehr Auskunft zu geben suchen.

Auf Veranlassung seiner Versuche über die Erschütterung des Quecksilbers in der galvanischen Kette erzählt *Ritter,* dasz das Quecksilber auf der Oxygenseite weniger flüssig, auf der Hydrogenseite aber mehr flüssig schien. Ich habe diesen Versuch wiederholt, und vollkommen bestättigt gefunden. Um aber mich, oder richtiger andere, noch vollkommner zu überzeugen, wählte ich ein Bleyamalgam, welches in warmem Wasser sich geschmolzen erhielt. Das Wasser mit dem Amalgam liesz ich in der electrischen Kette nach und nach erkalten, wodurch das Amalgam auf der Seite, welche Oxygen gab früher erstarrte, als auf der Seite welche Hydrogen gab. *Ritter's* Entdeckung wird also hiedurch noch weit mehr bestättigt. Auch stimmt dieses Phänomen mit zwey andern Entdeckungen desselben Physikers vollkommen überein. Er fand nähmlich, dasz bey den Funkenversuchen die Metallblättchen auf der Oxygenseite verbrannten, auf der Hydrogenseite aber schmolzen. Und bey seinen physiologisch-galvanischen Versuchen fand er, dasz der Hydrogenpol ein Wärmegefühl erweckt, der Oxygenpol aber nicht, sondern oft ein entgegengesetztes Gefühl hervorbringt.

EXPÉRIENCES SUR UN APPAREIL A CHARGER D'ÉLECTRICITÉ PAR LA COLONNE ÉLECTRIQUE DE VOLTA

PAR M. RITTER, A JENA

PRÉSENTÉES A L'INSTITUT NATIONAL PAR J. C. ORSTED,[1] DOCTEUR A L'UNIVERSITÉ DE COPENHAGUE.

(JOURNAL DE PHYSIQUE, DE CHIMIE, D'HISTOIRE NATURELLE ET DES ARTS. TOME LVII. P. 345—368 PARIS. BRUMAIRE AN 12 (= 1804))[2]

La découverte de la pile électrique nous offre un appareil qui, par la quantité d'électricité qu'il dégage, surpasse les machines les plus fortes qu'on ait imaginées jusqu'ici. Cette découverte in-

[1] [Oersted]. [2] [Ce mémoire et les trois suivants du »Journal de physique« existent en danois dans »Nyt Bibliothek for Physik, Medicin og Oeconomie«. Bd. 8. P. 52—79. Kjøbenhavn 1805].

vitoit à une autre; il falloit chercher un appareil capable de recevoir autant d'électricité que celui de *Volta* peut en produire. C'est ce qui a réussi au célèbre *Ritter* à qui la physique est redevable de tant de lumières. Il a trouvé un appareil à charger, dont la *capacité* électrique surpasse autant celle de la plus grande batterie électrique, que la *productivité* de la pile surpasse celle de la plus grande machine électrique.

Avant de donner la description de cette découverte, je rappellerai une observation antérieure du même physicien, laquelle a servi de base à celle dont il s'agit ici.

L'auteur avoit déja observé qu'un corps animal, qui a été pendant quelque temps dans l'arc galvanique, passe en le quittant de l'état où il étoit quand il faisoit partie de l'arc, à l'état opposé; de sorte que le côté qui, durant la communication, étoit positif, devient après négatif *et vice versâ.* Il trouva, il y a plus de deux ans, que la nature inorganisée est sujette à la même loi. Il mit un tuyau de verre rempli d'eau et pourvu à chaque bout d'un fil d'or en contact avec la pile électrique qui en faisoit dégager les gaz oxygène et hydrogène comme à l'ordinaire; sitôt que la communication avec la pile fut rompue, le fil qui avoit dégagé du gaz oxygène, commençoit à dégager de l'hydrogène, *et vice versâ.* J'ai plusieurs fois été témoin de ce phénomène chez l'auteur. Il restoit à examiner si ces phénomènes d'inversion dans des corps hors de l'arc étoient susceptibles d'un accroissement de force par la même espèce de réunion qui en ajoute tant aux autres actions galvaniques. Pour cet effet il mit un fil d'or composé de deux pièces en communication avec deux portions d'eau, dont chacune étoit en contact avec un des pôles de la pile électrique. Après quelques minutes il détacha le fil de la communication, et produisit avec les deux parties les mêmes phénomènes sur la langue, que l'on produit d'ailleurs par le moyen de deux métaux différens. La pièce qui avoit donné du gaz oxygène fit naître la saveur d'un alkali, et l'autre celle d'un acide. Ainsi il y avoit eu inversion d'état électrique; car pendant la communication avec la pile, le fil qui dégage l'oxygène produit la saveur acide, et l'autre la saveur alkaline. Les effets de ces deux pièces sur l'œil confirmèrent ce que l'expérience précédente avoit fait connoître.[1]

[1] On voit qu'il est facile d'expliquer par ces principes les expériences de *Gautherot* sur la saveur qui est produite par des fils de platine plongés dans de l'eau, aprés leur communication

Par une application de principes assez connus, on peut conclure des expériences précédentes, qu'une série de fils d'or, dont chacun est séparé des autres par de l'eau, doit se charger d'autant plus, par la communication avec la pile, que le nombre des fils est plus grand. On voit aussi qu'on pouvoit, sans changer rien d'essentiel, mettre des plaques au lieu des fils, et des cartons mouillés au lieu de l'eau. On pouvoit donc construire une pile inactive par elle-même, capable d'être rendue active ou chargée par la pile électrique. Une pile pareille seroit la même chose, relativement à la pile électrique de *Volta*, que la bouteille de Leyde, relativement à la machine électrique. L'expérience confirme tout-à-fait ce raisonnement. On construit une pile de cinquante plaques de cuivre et d'autant de cartons mouillés d'eau salée. Cette pile n'a aucune action, mais quand on la fait communiquer pendant quelques minutes avec une pile électrique de cent étages, elle fait voir tous les effets d'une pile électrique; de sorte qu'on peut en tirer plusieurs étincelles, par son moyen, retirer de l'eau des gaz oxygène et hydrogène, décomposer l'eau et obtenir des commotions électriques.

Tous ces effets diminuent peu-à-peu et disparoissent au bout de quelque temps. Quand on prend les chocs continuellement, sans laisser entre eux plus d'un tiers ou un quart de seconde d'interruption, on peut tirer de cette pile chargée de 80 jusqu' à 100 chocs. L'action que cette pile exerce sur les sens est parfaitement semblable à celle d'une pile électrique. La tension suit aussi dans cette pile les mêmes lois que dans la *pile primitive.* Ainsi *Ritter* a eu lieu de confirmer par la pile chargée les nombreuses découvertes qu'il avoit déja faites sur la pile de *Volta.*

Dans tous les phénomènes que présente la pile de *Ritter,* que nous apellerons aussi la *pile secondaire,* chaque bout produit les mêmes effets que le pôle de la pile de *Volta* avec lequel il a été en

avec la pile. Ce physicien laborieux a aussi observé que deux fils métalliques qu'on applique d'un côté à la langue, de l'autre aux deux pôles de la pile, produisent, après la communication, une saveur même plus forte qu'auparavant. Il croit que la langue fait dans ces cas la fonction du condensateur; mais un examen plus suivi fait voir que cette idée est erronée; car la partie de la langue qui est affectée d'un des conducteurs, devient moins sensible, relativement à son action, et plus relativement à celle du conducteur opposé; or le fil qui étoit positif, pendant la communication avec la pile, doit en sortir dans l'état négatif, et celui qui étoit négatif doit devenir positif; d'où il suit que les parties de la langue, dont la sensibilité étoit considérablement affoiblie relativement à l'état des conducteurs qui communiquoient avec la pile, doivent avoir la sensibilité augmentée relativement aux fils qui ont pris un état opposé en sortant de la communication. *Ritter* a prouvé la justesse de cette explication, en changeant l'endroit d'application des fils, au moyen de quoi leur action ne sembloit plus augmentée par la séparation de la pile.

contact. Cela est une suite nécessaire des faits que nous avons exposés plus haut; car pendant la communication de la pile secondaire avec la pile primitive, chaque plaque métallique s'oxide au côté tourné vers le pôle hydrogénant et donne de l'hydrogène au côté tourné vers le pôle oxygénant; il faut donc qu'ils fassent le contraire, en sortant de la communication avec la pile, conformément à ce que les expériences précédentes nous ont fait voir.

Pour charger la pile de *Ritter,* il est nécessaire de la laisser plusieurs minutes en communication avec la pile de *Volta;* le seul contact momentané n'y produit presque rien. Ce fait donne une idée de la capacité énorme de cette pile; car la colonne électrique de *Volta* communiquoit à la batterie électrique, dans les expériences de *van Marum,* une tension égale à la sienne, par un contact momentané. Mais la pile secondaire dont nous avons parlé n'étoit que très-petite. Qu'on s'imagine une pile à charger qui ait avec celle de 50 plaques le même rapport que la batterie dont s'est servi *van Marum* avec une des bouteilles dont elle est composée, et on saura à peine mesurer la quantité immense qu'elle doit produire.

Ritter a fait une expérience comparative avec sa pile et une batterie électrique de 34 pieds carrés d'armature. Il chargeoit sa pile par une pile électrique de 100 couples métalliques, et il donnoit à la batterie une tension 48 fois plus grande que celle de la pile électrique; la pile chargée dégageoit un courant de gaz dans de l'eau et ne cessoit d'agir qu'après quelques minutes; la batterie n'y produisoit pas une seule bulle.

Dans le premier moment du contact de la pile électrique avec une pile à charger, celle-là perd la plus grande partie de sa tension, et d'autant plus que celle-ci est meilleur conducteur. Peu-à-peu, à mesure que la pile à charger reçoit plus d'électricité, la tension de la pile électrique augmente, jusqu'à ce que la pile à charger ait reçu toute l'électricité dont elle est capable. *Ritter* s'est convaincu de ce fait par des expériences nombreuses. Les faits, que nous venons d'exposer, prouvent assez *que la pile de Ritter est véritablement chargée par celle de Volta, et que celle-ci se décharge en même temps.*

La pile secondaire n'est pas seulement chargée, pendant sa communication avec la pile primitive, elle agit aussi comme conducteur, et perd ainsi d'autant plus d'électricité qu'elle est meilleur conducteur. On en voit la preuve dans l'expérience suivante. Deux piles

secondaires, chacune de 45 plaques, dont l'une avoit ses cartons mouillés d'eau salée, et l'autre d'une dissolution de muriate d'ammoniaque, furent mises en communication avec une pile électrique de 90 étages. La pile à l'eau salée produisit, après la communication, des effets bien prononcés, pendant que celle à la dissolution de muriate d'ammoniaque n'en produisit aucun, excepté une saveur assez foible qu'elle fit naître sur la langue immédiatement après sa communication avec la pile électrique.

La pile chargée perd peu-à-peu son action quand on l'abandonne à elle-même; la perte est très grande au commencement, mais à mesure que la charge devient plus foible, la perte est aussi moins sensible. C'est dans les premières secondes après le chargement que la pile chargée a toute sa vigueur; les étincelles disparoissent bientôt, l'action chimique et la faculté commotrice ont plus de durée. Une pile de 45 plaques de cuivre et de cartons mouillés d'eau simple, chargée par une pile électrique de 90 étages, n'a après 10 minutes qu'un résidu foible, et après 20 ou 30, elle a perdu toute son activité: une pile chargée semblable, mais à cartons mouillés d'eau salée, donne immédiatement après sa communication avec la pile électrique des étincelles de 1 à 2 lignes de diamètre. Une seconde plus tard, les étincelles qu'elle produit n'ont qu'un demi ou tout au plus trois quarts de diamètre, et une seconde et demie après, elle ne donne ordinairement rien. On ne sauroit expliquer cette disparition qu'en supposant que la partie d'électricité qui n'est pas déchargée vers l'extérieur, se décharge vers l'intérieur. On ne peut guères soupçonner un déchargement dans l'air, car *Ritter* a trouvé qu'une pile chargée renfermée dans de la poix perd aussi facilement sa charge.

On ne peut pas douter qu'une pile ne se décharge d'autant plus facilement que son fluide est meilleur conducteur, et la faculté conductrice d'une pile ne semble être autre chose que la faculté de se décharger vers l'intérieur.

Pour avoir une pile qui ne perde pas trop tôt son électricité, il faut choisir les conducteurs les moins parfaits, parce que la permanence de l'électricité est en raison inverse de la faculté conductrice; mais pour avoir une grande capacité, on a besoin des meilleurs conducteurs, la capacité étant en raison directe de la faculté conductrice. Ainsi une combinaison de conducteurs, où la résistance opposée au passage de l'électricité est égale à la faculté con-

ductrice, doit être la plus favorable à la construction des piles à charger.

Ritter a cherché ce rapport; voici le résultat de son travail: *de toutes les manières de disposer un certain nombre de conducteurs tant solides que fluides, l'arrangement où il y a le moins d'alternation est le plus favorable à la propagation de l'électricité.*

Ainsi une pile de 64 plaques de cuivre et 64 cartons mouillés, disposés en trois masses, de sorte que tous les cartons fussent un continu, terminé à chaque bout de 32 plaques, conduit très-bien l'électricité de la colonne de *Volta*. Si l'on interrompt les conducteurs fluides au milieu par une masse de cuivre, la faculté conductrice diminue déja un peu. Des interruptions plus fréquentes augmentent la résistance encore davantage, et enfin on parvient à des constructions qui peuvent être regardées comme isolateurs. Si l'on divise chaque carton mouillé selon ses couches horisontales en quatre parties, et si l'on en construit une pile avec 256 plaques de cuivre, de sorte qu'une plaque alterne toujours avec un carton mouillé, la faculté conductrice de cette pile est si petite, qu'on a besoin d'une grenouille, ou d'un autre réactif également sensible, pour découvrir le peu d'électricité qu'elle transmet, d'une pile électrique de 90 étages.[1] L'augmentation du nombre des plaques de cuivre ne peut avoir contribué qu'infiniment peu à cet effet, car cent plaques conduisent sensiblement aussi bien qu'une; mais c'est l'augmentation des alternations qui produit un tel effet. Ainsi on voit comment il est possible de construire de deux conducteurs un troisième qui présente un degré quelconque de faculté conductrice inférieure à celui de ses parties constituantes.[2]

Après ce que nous venons d'exposer, il est facile de construire, d'une masse donnée de métal et de conducteur fluide, une pile à charger, qui puisse recevoir la charge la plus grande possible d'une

[1] Il faut que la pile soit chargée avant d'examiner combien elle a de faculté conductrice; car, sans cette précaution, on pourroit prendre même une batterie électrique pour conducteur.

[2] La loi prouvée par cette expérience s'accorde parfaitement avec d'autres lois de la nature bien connues. La lumière, par exemple, est beaucoup mieux conduite par un corps transparent et continu que par le même corps divisé en lamelles, ou réduit en poudre. Je suis persuadé que la chaleur est sujette à la même loi; je ne tarderai pas à faire sur cet objet les recherches nécessaires. Il est remarquable qu'il y a encore une autre loi de propagation que l'électricité de la pile a commune avec la lumière, c'est que l'action de la pile se propage aussi en lignes droites; du moins il est certain qu'un fil métallique perd de sa faculté conductrice par une courbure, et qu'on peut faire d'un fil de fer, un des meilleurs conducteurs que nous ayons, un mauvais conducteur, en le pliant en zig-zag. *Ritter* m'a fait voir cette expérience, il y a un an.

pile électrique donnée. Ainsi nous voilà au point de résoudre le problême, de construire un appareil à charger qui, ayant la plus grande capacité possible, soit le complément de la pile électrique de *Volta*, l'excitateur d'électricité le plus efficace que nous ayons. Recourons maintenant à des expériences faites pour déterminer ce point de la plus grande charge, du moins en rapport avec une pile électrique donnée.

Dix piles à charger furent construites.

1°. Une de 32 cartons mouillés d'eau simple, renfermés entre deux plaques de cuivre.

2°. Une pile semblable à la première, seulement avec la différence qu'elle étoit interrompue au milieu par une plaque de cuivre.

3°. Une pile semblable interrompue par deux plaques de cuivre, de manière qu'elles divisèrent les cartons renfermés entre les plaques extrêmes, en trois parties égales.

4°. Une pile interrompue par quatre plaques, à distances égales.

5°. Interrompue par huit.

6°. Par seize.

7°. Par trente-deux.

8°. Par soixante-quatre.[1]

9°. Par cent vingt-huit.

10°. Par deux cent cinquante-six.

Chacune de ces piles fut mise en contact avec une colonne électrique de 90 étages, dont les cartons étoient mouillés d'eau salée. Il y avoit déja un jour qu'elle étoit construite. Le contact dura de 1 à 5 minutes.

Le résultat de ces expériences est très-remarquable; car, au lieu de trouver un *maximum,* on en trouve *deux,* dont l'un est celui d'action chimique, l'autre celui d'action sur le corps animal, laquelle nous appellerons l'action physiologique.

Le maximum d'action chimique est accompagné d'une action physiologique assez foible; le maximum d'action physiologique n'est accompagné d'aucune action chimique. La pile n° VI, qui a seize alternations, donne le maximum d'action chimique; mais elle ne produit qu'une foible commotion. La pile n° IX, qui a cent vingt-huit alternations, cause une commotion violente, mais elle ne produit aucun effet chimique. N° X excite des commotions plus

[1] Pour cette expérience et celles qui suivent, les cartons furent divisés selon leurs couches horizontales.

foibles que nº IX, ce qui prouve qu'on a déja passé le maximum. Les commotions qu'on reçoit de ces deux dernières piles ressemblent beaucoup à celles qui sont produites par la bouteille de Leyde. On croit les organes affectés par un choc extérieur; sur-tout l'action de nº X ne semble nullement permanente, mais elle l'est néanmoins; car cette pile se décharge tout-à-fait, quand on reste quelque temps en contact avec elle.

Voici un tableau qui représente les effets des dix piles dont nous avons parlé:

Action chimique	*Action physiologique*	*Tension*
Examinée par le moyen d'un tuyau rempli d'eau, et muni de deux fils d'or dont les pointes se rapprochent jusqu'au quart.	Commotions reçues avec les mains mouillées d'une dissolution de muriate d'ammoniaque et armées de métal.	Observée par le moyen d'un électromètre à la *Bennet,* perfectionné par *Ritter,* jusqu'au point d'annoncer l'électricité produite par le contact de deux plaques de zinc et cuivre.
Nº I point de gaz.	Point de gaz, mais quelquefois une saveur très-foible.	Aucune tension sensible.
Nº II par fois quelques bulles de gaz.	Saveur sensible.	Tension peu sensible.
Nº III dégagement de gaz bien prononcé.	Saveur forte, commotions foibles.	Tension bien sensible.
Nº IV plus de gaz qu'au nº III.	Commotions toujours croissantes.	Tension toujours croissante.
Nº V plus de gaz qu'au nº IV.		
Nº VI *maximum* de dégagement de gaz.		
Nº VII moins de gaz.		
Nº VIII moins encore.		
Nº IX point de gaz.	*Maxim.* de commotions.	
Nº X point de gaz.	Commotions moins fortes.	

On peut aussi construire plusieurs autres piles, où l'action physiologique ne soit accompagnée d'aucune action chimique. Un de ces procédés est de composer des piles de zinc et de cuivre, de manière qu'une des moitiés détruise l'action de l'autre. Une pareille pile, inactive par elle même, peut être chargée par la pile de *Volta.* On peut, par exemple, combiner deux piles électriques de grandeur égale par leurs pôles équinomes; ainsi leurs effets se détruiront réciproquement. Nous appellerons cette disposition de piles α. On peut aussi composer une pile de parties élémentaires, par-tout opposées réciproquement, ensorte qu'un élément de cuivre-zinc soit toujours suivi d'un autre de zinc-cuivre. Nous appellerons cette disposition ς.

Une pile de la disposition *a*, contenant 64 couples métalliques, et une autre de la disposition *ç* composée d'autant de plaques, furent jointes ensemble, et chargées par la pile de *Volta*. Elles donnèrent de fortes commotions, mais point d'action chimique. La pile *ç* donna des secousses moins fortes, mais de même sans action chimique. Des parties de la pile *a*, prises au milieu de la pile, ensorte qu'elles eussent un nombre égal de couples de chaque côté du point indifférent, firent aussi naître des secousses, quoique moins grandes, sans action chimique.

Les parties de la pile *ç* possédèrent la même propriété. On mit des parties composées de 32, de 16, de 8 et même de 4 couples métalliques de l'une ou de l'autre pile en action, et toutes ces expériences confirmèrent ce que nous venons d'avancer sur la séparation de l'action chimique d'avec l'action physiologique.

Voilà donc une série d'expériences, où l'on éprouve des commotions plus ou moins fortes, depuis le maximum jusqu'au minimum, sans aucune trace d'action chimique. On a employé les moyens les plus efficaces pour la découvrir; mais ni l'eau distillée, ni la teinture de tournesol, n'ont donné une seule bulle de gaz, quoique ce dernier réactif soit très-sensible, et que les fils d'or fussent tellement rapprochés que leurs distances étoient presque invisibles. Ainsi on ne peut pas supposer que l'action chimique dépende du degré de l'action physiologique. On ne peut non plus soupçonner une diminution d'activité dans la pile électrique, dont on s'est servi pour charger les autres piles; car elle n'avoit qu'un jour de construction, et c'est à peu-près à ce terme qu'une pile électrique produit le maximum de son effet chimique. Ce fait est remarquable, parce que le maximum d'action sur le corps, ainsi que celui de la tension, se manifeste immédiatement après la construction de la pile.

Mais, dira-t-on peut-être, l'action physiologique n'est rien qu'une électricité d'une grande tension, mais d'une vitesse et d'une quantité très-petites.

Cette objection mérite d'être examinée. Nous avons jusqu'ici seulement présenté la force commotrice isolée; il s'agit à présent de prouver que la force chimique peut exister sans être accompagnée d'aucun effet physiologique. Quand on a chargé les piles secondaires qui ont le plus d'action chimique, c'est-à-dire, celles de huit et de seize interruptions, et qu'on les laisse en communication

avec la pile électrique, elles dégagent encore beaucoup de gaz d'une portion d'eau par laquelle on interrompt d'un côté leur communication avec la pile; mais si l'on interrompt cette communication avec les mains mouillées et armées, on n'en reçoit aucune commotion.

Il est donc prouvé que l'action commotrice et l'action chimique sont séparables, et que l'une peut exister indépendamment de l'autre.

Sans doute cela fera un jour naître de grandes découvertes; car jamais l'empire de la vie ne s'est ainsi séparé de celui de la mort; jamais la nature inorganique n'a présenté, avec tant de pureté, les alimens de l'organisme. Elle nous fait voir un double trésor qu'elle tient caché dans son sein; l'un dont elle ne se sert qu'avec avarice pour ses propres besoins, et l'autre qu'elle porte comme ministre officieux au-devant de la vie.

Tout ce que nous avons vu jusqu'ici des piles secondaires se réduit à une vérité très-simple, c'est-à-dire, *que toute pile construite de conducteurs tant solides que fluides, et qui ne produit aucun effet par soi-même peut être chargée, par la communication avec la pile électrique primitive.* Des piles faites d'un seul métal et d'eau, ou de deux métaux différens, comme les piles électriques dont les parties détruisent leurs actions réciproquement, nous ont servi d'exemples. On pouvoit encore desirer une expérience, la voici: une pile fut composée de zinc et de cuivre, de manière qu'aucune plaque ne touchoit l'autre, mais qu'après une plaque de zinc venoit par-tout un carton mouillé, puis une plaque de cuivre, puis un carton mouillé, et ainsi de suite, jusqu'à 64 alternations. Cette pile chargée par une pile électrique produisoit une tension moins grande et des commotions moins fortes que celles de la pile de 64 alternations de cuivre et d'eau, dont nous avons parlé plus haut; mais la pile de zinc et cuivre dégageoit plus de gaz que celle de cuivre seul. L'action de cette pile surpasse de beaucoup celle d'une pile aussi grande de zinc et eau. C'est trop peu apprécier sa force que de la supposer au milieu de celle de cuivre et d'eau et de celle de zinc et d'eau; elle se rapproche beaucoup plus de la force de la première que de la foiblesse de la dernière.

On peut, selon les découvertes antérieures de *Ritter*, réduire une pile électrique à l'état positif ou négatif, en faisant communiquer le pôle opposé avec la terre. On peut même charger par une pile ainsi disposée une bouteille de Leyde avec de l'électricité ou

positive ou négative d'un côté, sans la porter au-dessus de zéro de l'autre. On peut même charger une bouteille des deux côtés avec la même électricité, quand on a une pile bien forte, par exemple, de 160 étages, réduite à un seul état. On applique dans ce cas une des armatures au quatre-vingtième étage et l'autre au cent soixantième. Le premier étage étant à zéro, le quatre-vingtième a déja un degré bien prononcé de + ou de —, et le cent soixantième a encore le double. Ainsi la bouteille se charge de l'un et de l'autre côté de la même électricité, mais seulement à des degrés différens. Les mêmes principes appliqués à la pile secondaire donnent les mêmes résultats. On peut la charger non-seulement d'électricité positive à un des pôles, et de négative à l'autre, mais on peut encore la charger d'une seule électricité avec zéro à un des pôles, ou même avec une électricité aux deux pôles, de manière qu'il y ait seulement une différence en plus ou en moins.

Quand on a chargé également et en même temps deux piles secondaires égales, et qu'on les joint par leurs pôles opposés, elles se réduisent en une pile, dont le zéro est au point de leur communication et le maximum de + ou — aux deux autres extrémités. Cette pile devroit avoir une force double de celle qu'avoit une des piles dont elle est composée; mais elle ne l'a pas tout-à-fait. Il y a deux causes qui concourent à cet effet: les piles qui conduisent le mieux déchargent, comme nous l'avons vu, un peu de leur électricité vers l'intérieur, durant leur déchargement vers l'extérieur, et sur-tout les parties différentes de la pile n'entrent pas également en action toutes à-la-fois.

Le premier point s'entend facilement par ce que nous avons exposé plus haut sur le déchargement des piles secondaires; le second point a besoin de quelques éclaircissemens. Les pôles opposés d'une pile chargée de 128 alternations furent mis en communication, par le moyen d'un fil de fer, immédiatement après le chargement. Quand on ôtoit la communication, quelques momens après, on n'avoit aucun effet, en examinant les pôles, et néanmoins la pile n'avoit pas perdu toute son électricité; car la partie renfermée entre la trente-troisième et la quatre-vingt-seizième plaque donnent encore des effets bien prononcés, quand on l'examine durant la communication. Sitôt que la communication est levée, cette partie perd de sa force, et les deux pôles recouvrent peu-à-peu leur activité. Pour décharger dans très-peu de temps une pile, il faut

donc établir une communication entre la première et la trente-deuxième plaque, entre la trente-deuxième et la soixante-quatrième, entre la soixante-quatrième et la quatre-vingt-seizième, et enfin entre la quatre-vingt-seizième et la cent vingt-huitième.

Quand on combine une pile chargée avec une pile primitive, de manière qu'elles se touchent par deux pôles opposés, cette construction fait au commencement le même effet que la combinaison de deux piles primitives; mais l'action de la pile secondaire n'est pas durable; peu-à-peu elle devient plus foible, et enfin les deux piles combinées n'ont pas plus d'action que la seule pile originaire; dans ce moment la pile secondaire est tout-à-fait déchargée. Si on la laisse encore en communication avec la pile primitive, elle se charge de nouveau, mais dans le sens contraire de la charge qu'elle avoit auparavant. Ainsi les effets de deux piles combinées deviennent peu-à-peu plus foibles, et enfin on atteint un point où leur action est la plus foible. Ici la pile secondaire est chargée autant qu'elle peut l'être. Tous ces faits s'entendent facilement, n'étant que des suites nécessaires des expériences qui les ont précédés; mais ce qu'on n'attendoit pas, c'est que les modifications de la pile secondaire, qui ne dégagent d'ailleurs aucun gaz de l'eau en se chargeant ou se déchargeant, donnent un courant de gaz pendant qu'elles se déchargent dans cette expérience; mais sitôt qu'elles sont déchargées, cette action cesse à l'instant.

Ces expériences nous portent à renforcer l'action d'une petite pile, par la communication avec une plus grande. Il ne faut que combiner leurs pôles équinomes, pour retirer ensuite la petite pile beaucoup plus forte qu'elle n'étoit auparavant. On conçoit bien que cet accroissement de force n'a que peu de durée, et que cette pile électrique chargée doit bientôt revenir à son action comme pile électrique simple.

Une pile de 30 étages, à cartons mouillés d'eau simple, est très-propre pour cette expérience, quand la grande pile est composée de 90 étages, et qu'elle a ses cartons mouillés d'eau salée.

Il faut conclure de ces expériences, que l'action de deux piles combinées en sens inverse n'est pas, comme on l'a cru jusqu'ici, égale à l'action de la plus grande moins l'action de la plus petite, mais qu'elle est encore moindre, parce que la petite pile chargée et renforcée par la grande peut ôter plus qu'elle ne contient originairement elle-même. Sur-tout la grande pile perd autant qu'elle

communique à la petite, ce qui doit encore diminuer le résultat considérablement. La communication d'une petite pile avec une grande peut aussi bien l'affoiblir que la renforcer. Quand on combine une pile de 30 étages, à cartons mouillés d'eau salée, avec une pile semblable de 90 étages, de manière que leurs pôles opposés soient en communication, la petite pile perd son action, et demande quelque temps pour se rétablir. Si ses cartons ne sont mouillés que d'eau simple, ce rétablissement est encore beaucoup plus lent. Cette expérience s'accorde parfaitement avec celles que l'auteur a faites antérieurement sur l'effet produit par une communication parfaite établie entre les deux pôles d'une pile. On voit à présent pourquoi une grande pile épuisée par cette opération se rétablit d'autant plus vîte que ses cartons mouillés sont meilleurs conducteurs. On peut aussi facilement déduire de cette expérience, que les actions combinées de deux ou plusieurs piles ne sont pas égales à leurs sommes arithmétiques. La différence doit varier beaucoup selon la nature des matériaux dont les piles sont construites. En tout cas, on peut prévoir que la force d'une pile ne peut pas être augmentée jusqu'à l'infini, mais qu'il y aura un maximum. Il sera très-intéressant d'examiner comment on pourra trouver ce maximum pour chaque cas donné, et comment on pourra s'en approcher ou même l'atteindre, pour le cas où il est le plus éloigné. L'auteur a déja travaillé beaucoup sur ce point, et finira cette recherche sitôt qu'il en aura les moyens nécessaires. Quand on a renforcé la petite pile de 30 étages par la communication avec la grande, de 90 étages, ainsi que nous l'avons décrit plus haut, et qu'on la combine avec une autre pile de 90 étages par deux de leurs pôles opposés, leur action est plus grande qu'elle ne le seroit, si la petite pile étoit dans son état naturel. L'expérience réussit aussi, quoiqu'à un degré moins marqué, avec la même pile qui a servi à renforcer la petite. Sans doute nous n'avons pas besoin de dire que ce renforcement n'est que temporaire, et que l'on peut après quelques minutes retirer la petite pile aussi affoiblie que dans l'expérience précédente.

Nous avons appris un peu plus haut comment il est possible de renforcer une pile sans lui rien ajouter. L'expérience que nous venons de voir offre maintenant un moyen d'obtenir un plus grand effet, par le seul secours que l'une peut prêter à l'autre.

Quand on met une petite pile, dont l'activité est détruite par une grande, en communication avec une autre grande pile, mais

en joignant leurs pôles équinomes, leurs actions combinées sont à-peu-près égales à celle de la grande pile, de sorte qu'on voit que la petite pile n'a rien pu détruire de l'action de l'autre. Mais peu-à-peu l'action diminue et devient enfin aussi foible qu'elle seroit si la petite pile avoit été active. En la retirant on la trouve aussi rétablie et même renforcée. Cette expérience nous présente un moyen de rétablir le plus promptement possible toute pile épuisée.

Jusqu'ici nous avons considéré les propriétés principales de la pile secondaire, et elle nous a présenté des faits très-intéressans pour la théorie, sans nous offrir de grandes espérances pour la pratique. Les avantages importans que la bouteille de Leyde procure aux physiciens, pour le renforcement des effets électriques, semblent être particuliers à cet appareil, du moins nous n'y avons trouvé rien d'analogue dans la pile à charger. Tâchons de remplir cette lacune.

On construit deux piles secondaires, de 60 alternations, dont l'une a les plaques égales à celles de la pile électrique qui sert à charger, c'est-à-dire, de la grandeur d'une pièce de six francs; l'autre les a beaucoup plus larges de 36 pouces carrés. Appelons la pile aux petites plaques no I et celle aux grandes no II. On les charge par une communication de 8 ou 10 minutes avec une pile électrique de 90 étages, dont les cartons sont mouillés d'eau saturée à froid de muriate d'ammoniaque. Immédiatement après le chargement, la pile no I donne des étincelles qui n'ont que 3 lignes de diamètre, pendant que no II en donne de 8 à 10, et même de 12 lignes de diamètre. En tirant des étincelles de la première, par intervalles d'une seconde, on en peut avoir 3 ou 4; par le même procédé la seconde en donne jusqu'à 20. Si l'on a attaché une feuille d'or à la plaque supérieure, et qu'on la touche avec le conducteur inférieur, la pile no I ne présente le phénomène de la déflagration que pendant 5 à 6 secondes; no II ne cesse de produire ce spectacle brillant qu'après la 60me. Le dégagement de gaz assez foible, que produit la première, ne dure que 20 secondes; celui de l'autre est beaucoup plus fort, et ne disparoît qu'après 5 minutes. Quand on touche la première avec les mains mouillées et armées de métal, par intervalles d'un quart à un tiers de seconde, on en peut tirer des commotions, qui deviennent presque insensibles à la cinquantième; mais si l'on touche la seconde par intervalles de $^3/_4$ à une seconde, on en reçoit 200 jusqu'à 250 commotions.

L'accroissement en largeur a donc augmenté non seulement la capacité, mais, ce qui est plus encore, l'activité de la pile chargée. Cependant ces perfections peuvent encore être augmentées. On construit une pile égale à no II, mais avec des cartons quatre fois plus épais,[1] ou, ce qui revient au même, avec deux cartons d'une épaisseur double, pour chaque conducteur fluide. Cette pile, que nous appellerons no III, chargée comme les précédentes, a des effets beaucoup plus marqués. Les étincelles en sont plus fortes et leur durée est plus longue. Au commencement on tire les étincelles par intervalles d'une seconde, puis de deux, ensuite de quatre, et enfin de six secondes. De cette manière, la pile no III donne des étincelles pendant 2 minutes et demie, jusqu'à 3 minutes. La déflagration des feuilles d'or est aussi plus brillante, et dure d'une minute trois quarts jusqu'à deux minutes. Le dégagement de gaz, qui n'a pas duré pour no II plus de 5 minutes, dure ici 8 à 10 minutes, et avec plus de vivacité. Les commotions sont au commencement si violentes, que *Ritter*, pour les compter, ne faisoit qu'établir par intervalles d'une seconde la communication des pôles, par le moyen d'un tuyau rempli d'eau. Après 300 de ces communications il a encore eu 1200 commotions, sans épuiser tout-à-fait la pile.

Des expériences comparatives ont prouvé que les communications par le tuyau rempli d'eau épuisent plus la pile que les communications par le corps humain; aussi on peut compter plus de 1500 commotions, qui n'ont pas suffi pour ôter toute la force de la pile.

Que d'espérances pour le renforcement de l'électricité! La pile no III a du moins 30 fois plus de force que no I.[2] Combien ne pourroit-on pas y ajouter par un accroissement de plaques, tant en largeur qu'en nombre! *Ritter* a trouvé que no I n'atteint son maximum chimique qu'à 120 alternations, et que l'action sur le corps vivant n'a pas encore atteint son maximum à 240.

La grande augmentation de force que nous laisse espérer un accroissement de plaques bien calculé doit être très-utile à la science, car plusieurs expériences ont besoin, pour réussir, d'une force très-

---

[1] Les cartons de no II ont à-peu-près deux tiers de ligne de diametre.

[2] La pile no I donne 50 commotions pendant que no III en donne 1500, ce qui est en rapport de 1 à 30. L'action chimique de no I ne dure que 20 secondes, celle de no III a la durée de 10 minutes ou 600 secondes, ce qui donne aussi le rapport de 1 à 30. Il est vrai que cette manière de calculer n'est pas exacte, parce qu'elle néglige la grandeur des commotions et la vivacité de l'action chimique, mais cette remarque prouve seulement que le résultat est trop petit, et qu'il pourroit aller jusqu'au double, si l'on pouvoit mesurer les intensités.

grande. C'est ainsi que *Ritter* n'a trouvé l'hydrogénation des métaux et ses différens degrés qu'avec une pile de 600 étages. Les expériences que nous avons rapportées plus haut, nous ont fait voir que l'efficacité de la pile électrique primitive doit avoir des bornes, quant à son augmentation en hauteur.

Les expériences de MM. *Fourcroy*, *Vauquelin* et *Thénard* ont fait voir que l'efficacité chimique de la pile électrique n'est pas augmentée par une plus grande largeur des plaques. Ainsi la pile à charger est le seul appareil qui fasse espérer une action électrique immense à-la-fois par son intensité et sa quantité; car une pile électrique de peu de largeur suffira pour charger une pile secondaire très-large, et si l'on étoit obligé d'augmenter un peu la largeur de la pile électrique, en faisant croître celle de la pile à charger, cette augmentation seroit cependant de peu de conséquence, en comparaison avec les effets de la pile chargée.

Le cuivre dont nous nous sommes servis pour la construction des piles à charger, n'est pas le conducteur qui donne le plus grand effet. *Ritter* a trouvé que les conducteurs sont d'autant plus propres à être chargés, qu'ils sont plus capables de devenir négatifs en contact avec les autres. L'étain, le zinc, le plomb ne donnent rien de sensible; l'action du fer, ainsi que celle du bismuth et de l'acier trempé est très-foible; celle du laiton et du cuivre est plus grande; celle de l'argent l'est bien davantage; l'or et le platine tiennent encore un rang supérieur; et enfin le carbure de fer et l'oxide de manganèse agissent le plus fortement.

Quoique ces expériences ne soient faites qu'avec deux pièces de chaque métal, on peut bien en tirer des résultats pour l'application des conducteurs en grand, sur-tout après ce que *Ritter* a déja trouvé, que le zinc agit infiniment peu dans des piles secondaires; ensorte que la loi, établie par les expériences en petit, a déja trouvé une confirmation dans son application en grand. C'est pourquoi *Ritter* propose au cit. Conté de fabriquer des plaques pour les piles de la même masse, dont il fait ses crayons connus sous le nom de mine de plomb. Cette masse conduit très-bien l'électricité. Des piles à charger construites avec des plaques de cette matière doivent être beaucoup plus efficaces que celles construites avec du cuivre.

Après une série si étendue de faits nouveaux, jetons un coup-d'œil rapide sur la carrière que nous avons parcourue. D'abord nous avons trouvé que les conducteurs qui, dans leur commu-

nication avec la pile, étoient mis en un certain état électrique, prennent, en la quittant, l'état opposé. Nous avons vu que la combinaison de plusieurs corps ainsi électrisés augmente leur effet. Guidés par cette découverte, nous avons construit d'un seul conducteur solide et d'un fluide des piles inactives par elles-mêmes, mais capables d'être chargées par la pile électrique primitive. En considérant la capacité énorme de cette pile à charger, et en cherchant le degré de faculté conductrice le plus favorable à sa perfection, il s'est présenté deux faits étroitement liés ensemble: le premier, qu'un conducteur composé de deux matières différentes, est d'autant moins favorable à la propagation de l'électricité que les alternations de ses élémens sont plus nombreuses: le second que les actions électriques différentes ne sont pas également bien conduites par le même conducteur. Ainsi nous avons construit des piles qui conduisoient bien l'action physiologique, en isolant l'action chimique, et par une autre construction, nous avons réussi à produire une action chimique qui n'étoit pas accompagnée d'action physiologique.

Nous avons conclu de ces faits, que les phénomènes différens de l'électricité ne doivent pas être regardés comme dépendans l'un de l'autre, ce qui ouvre des vues nouvelles à la doctrine de l'électricité. Après avoir ainsi examiné les piles composées d'un seul métal et d'un fluide, nous avons étendu nos recherches sur toutes les autres piles inactives par elles-mêmes, et nous y avons aussi trouvé la faculté de recevoir l'électricité de la pile primitive. Nous avons vu charger des piles composées de parties actives, dont les actions se détruisoient réciproquement, et nous nous en sommes servis pour présenter les différens degrés de faculté commotrice parfaitement isolée de l'action chimique. Ayant ainsi confirmé les propositions que nous avions avancées auparavant, nous avons repris les piles d'un seul métal, et avons trouvé qu'elles peuvent être chargées, comme la bouteille de Leyde, des deux électricités opposées ou d'une seule, selon les dispositions des piles qui servent à charger. Nous avons combiné des piles chargées tant avec leurs pareilles qu'avec des piles primitives, et nous avons vu, que celles-là se comportent, pendant leur activité, comme celles-ci. Ensuite nous avons chargé des piles actives par elles-mêmes, et nous les avons renforcées en les chargeant en un sens, et affoiblies, en les chargeant en l'autre. Ces expériences nous ont donné lieu de corriger quelques idées inexactes sur l'addition et sur la soustraction

des effets de deux ou plusieurs piles, et sur-tout nous sommes parvenus à prouver que l'efficacité des piles ne croît pas à l'infini par l'augmentation de leurs étages, mais qu'il doit y avoir un maximum. Enfin nous avons terminé nos recherches par des expériences qui prouvent que les piles secondaires peuvent servir au renforcement de l'électricité, et qu'elles offrent, exécutées en grand, un moyen de produire des effets jusqu'ici inattendus.

Tout ce que nous venons de voir prouve assez, j'espère, qu'il s'agit ici d'une chose de la plus haute importance; c'est pourquoi je ne crois pas inutile d'ajouter ici quelques réflexions sur l'histoire de l'électricité, et sur la place qu'y doivent occuper les découvertes présentées dans ce mémoire.

M. *Biot*, dans son rapport de 17 messidor an X, a très-bien divisé l'histoire de l'électricité en deux grandes époques, la première où l'on ne savoit produire de l'électricité que par frottement, la seconde offrant la découverte de l'excitation d'électricité par le contact de conducteurs différens. C'étoit par le moyen des isolateurs que l'on produisoit l'électricité dans la première, c'étoit par des conducteurs qu'on la produisoit dans la seconde; chacune de ces époques se divise naturellement en trois autres, savoir:

PREMIÈRE ÉPOQUE.

Électricité des isolateurs.

a Production de l'électricité par le seul frottement de deux corps différens, sans aucun mécanisme particulier.

b Production de l'électricité par une machine particulière.

c Découverte d'un appareil propre à recevoir et renforcer l'électricité, bouteille de Leyde.

SECONDE ÉPOQUE.

Électricité des conducteurs.

a Production de l'électricité par le seul contact de deux conducteurs différens, au galvanique.

b Invention d'une machine électrique composée de conducteurs différens qui se touchent, pile électrique de *Volta*.

c Découverte d'un appareil composé des conducteurs, propre à recevoir et renforcer l'électricité de la pile électrique, pile à charger de *Ritter*.

Ainsi il y avoit, dans la doctrine de l'électricité, une lacune déja remplie, quand elle fut reconnue. Il faut espérer que le nouvel appareil, dont s'est emparée la physique, lui procurera des succès aussi importans et aussi nombreux qu'en a produit l'appareil correspondant dans l'époque précédente. Cette espérance ne peut qu'augmenter, si l'Institut, qui possède dans son sein tant de savans distingués, veut bien s'en occuper.

POST-SCRIPTUM.

Je viens de recevoir une lettre de M. *Ritter*, où il me communique une notice préliminaire de nouvelles découvertes faites par le moyen de la pile secondaire.

Une pile de cette espèce, qui n'a pas été chargée par la pile de Volta, donne une électricité foible, positive en haut, négative en bas. La tension de cette pile n'est pas assez grande pour être rendue sensible par l'électromètre, mais par le moyen d'une grenouille on parvient à y découvrir les pôles électriques. Si l'on tourne la pile, de manière que la partie auparavant supérieure devient l'inférieure, les pôles électriques de cette pile se changent aussi. Le maximum de chargement que la pile secondaire peut acquérir par sa position est produit quand la pile fait un angle de 50 à 70 degrés avec l'horison septentrional. Couchée horizontalement la pile reçoit un peu d'électricité positive vers le nord, et un peu de négative vers le sud; mais le maximum pour la situation horisontale est dans une direction du nord-nord-est au sud-sud-ouest. Quand la pile horisontale coupe cette ligne perpendiculairement, on n'y trouve aucune trace d'électricité. Une corde mouillée de huit pieds de longueur acquiert aussi de l'électricité par sa position de même que la pile; mais ses effets sont plus foibles.

Ainsi on doit penser *que la terre a des pôles électriques, comme elle a des pôles magnétiques, et il faut ajouter un méridien électrique au méridien magnétique.* Aussi M. *Ritter* a-t-il observé que les orages des environs de Jena ont suivi, cette année, la direction du méridien électrique. Les hommes, les animaux, les végétaux, les pierres, tous les objets de notre globe, même l'air atmosphérique, doivent présenter de l'électricité positive en haut, et de l'électricité négative en bas. *Ritter* a ajouté aux faits déja connus, qui confirment cette conjecture, une expérience faite sur lui-même.

Les conséquences qu'on peut déja tirer de cette découverte,

pour la théorie de la terre, la physiologie tant animale que végétale, la météorologie et une infinité d'autres objets encore moins examinés, prouvent combien il y avoit de prévoyance à appeller l'attention des physiciens sur la doctrine de l'électricité, comme étant *le chemin des grandes découvertes.*

ADDITION

AU MÉMOIRE SUR LA PILE A CHARGER DE RITTER.

Au moment où je devois présenter ce mémoire à l'Institut national, je recevois une lettre de M. *Ritter,* où il m'annonçoit la découverte des pôles électriques de la terre. Quoiqu'il ne pût alors indiquer tous les moyens nécessaires pour vérifier ses expériences sur cet objet important, il vouloit néanmoins en faire connoître les résultats aux physiciens, espérant de leur zèle tous les secours possibles, pour examiner plus en grand, et d'une manière très-variée, ce qu'un petit nombre d'expériences lui avoit fait voir, pour ainsi dire, en miniature. Depuis ce temps, M. *Ritter* a multiplié ces expériences, et les poursuit encore avec cette ardeur qu'inspire toujours la nature à ceux qu'elle veut initier dans ses mystères. Je vais donner un précis de ce qu'il m'a bien voulu communiquer dans quelques lettres.

L'expérience décrite dans le post-scriptum a été répétée avec une pile secondaire de 1000 plaques. Cette répétition n'a servi qu'à confirmer ce qu'il avoit avancé. Quoique cette pile secondaire soit la plus grande qui ait été construite, elle n'a pas reçu un très-grand chargement par sa seule situation. Il étoit à-peu-près quatre fois plus grand que celui de la pile de 200 plaques, dont il s'étoit servi pour la première expérience, mais il n'excédoit pas encore l'efficacité d'un seul arc composé d'argent et d'or. L'expérience a été répétée vingt fois avec le même résultat. La pile avoit 13 pieds de longueur, et étoit munie du mécanisme nécessaire pour soutenir le tout et pour empêcher les effets de la pression. La grandeur de la pile obligeoit l'auteur de travailler à l'air libre, et sa pesanteur l'empêchoit de procéder avec la vîtesse ordinaire, ensorte que l'incitabilité de la grenouille pouvoit changer pendant les intervalles. L'auteur a su parer à cet inconvénient, en examinant quand il étoit nécessaire l'état de l'animal par d'autres réactifs. Il a aussi plu-

sieurs fois, en penchant et redressant la pile, examiné sa force, et il y a trouvé des différences pour chaque changement de 10 à 20 degrés. Sans doute il faut avoir la main exercée, et cet œil observateur qu'on connoît à M. *Ritter,* pour remarquer ces nuances qui échappent à la plupart des physiciens.

L'auteur a encore prouvé les pôles électriques de la terre par une autre expérience. Il a chargé des fils métalliques par une pile électrique, ce qui leur a donné la propriété de se tourner vers les pôles électriques, qu'il avoit déja indiqués. J'ai répété cette expérience avec un fil de platine, sans en obtenir le succès que j'avois attendu; mais je n'oserois pour cela révoquer en doute l'expérience de M. *Ritter;* je l'ai répétée, sans en connoître parfaitement les détails. Depuis quelques jours j'en suis informé. Voici la description exacte d'une de ces expériences: un fil d'or ayant 5 pouces de longueur et $^4/_5$ ligne d'épaisseur, arrangé comme l'aiguille de la boussole, fut mis en contact, par ses deux bouts, avec deux conducteurs humides, qui communiquèrent avec une pile de deux cents étages, dont les cartons étoient mouillés de dissolution de muriate d'ammoniaque. Après cinq minutes on ôta le fil d'or; on le mit sur son pivot comme une aiguille aimantée, et on le mit à l'abri des mouvemens de l'air, en le couvrant d'une cloche de verre. Le fil se tourna constamment vers les pôles électriques, jusqu'à ce qu'il eut perdu son chargement.

On pourroit croire qu'une aiguille d'un corps isolateur, ayant un bout chargé de $+\varepsilon$, l'autre de $-\varepsilon$, par l'action de la machine électrique, devroit aussi indiquer les pôles électriques; mais on ne peut plus être de cet avis, quand on fait attention à la découverte de *Ritter,* que les différens phénomènes électriques peuvent exister isolés, l'un sans l'autre. Ainsi la grandeur de la tension ne peut plus être regardée comme un indice fidèle de la présence des autres fonctions, et il n'y a pas de raison de croire qu'un corps qui a reçu, par le moyen de la machine électrique, le même degré de tension, qu'un fil métallique par l'action de la pile, doive être parfaitement dans le même état électrique.

M. *Ritter* m'a aussi communiqué quelques autres expériences sur la pile secondaire, qui me paroissent assez importantes pour sa théorie, quoiqu'elles ne fassent que confirmer ce qui a été avancé dans le mémoire précédent. Il a trouvé que le fil d'or, dont nous venons de parler, reçoit par son chargement assez de tension pour

être rendue sensible à l'électromètre par le moyen du condensateur. Le bout qui avoit été positif pendant la communication avec la pile donnoit des indices d'électricité négative, et celui qui avoit été négatif agissoit comme un corps positif. Ainsi la même loi qui étoit déja demontrée pour les actions chimiques et physiologiques, a aussi lieu pour la tension; des cartons mouillés, d'une épaisseur de 6 lignes, et d'une longueur de 1, 3, 6, ou 12 pouces ne prennent qu'un chargement infiniment foible en comparaison avec celles des métaux.

On pourroit facilement former des théories différentes sur la pile à charger, selon les principes déja adoptés en physique, mais il faut bien se garder d'interrompre le cours d'une recherche nouvelle par une théorie prématurée. La première idée qui se présente c'est d'expliquer tout par la circonstance que les plaques de la pile secondaire s'oxident d'un côté par le chargement. Les oxydes métalliques, quand ils sont conducteurs, remplacent les métaux les moins oxidables. Ainsi les plaques oxidées d'un côté et non pas de l'autre, devroient agir comme des plaques composées de deux métaux differens. Cette théorie paroît d'abord très-plausible; mais elle ne s'accorde pas avec le fait reconnu, que les conducteurs les moins oxidables sont les plus propres à recevoir le chargement par la pile. D'autres physiciens seroient peut-être plus portés à attribuer l'action de la pile secondaire au conducteur fluide. On avoit déja observé dans un grand nombre d'expériences, que l'eau reçoit une pôlarité électrique par le chargement de la pile; n'est-il donc pas vraisemblable que cette propriété de l'eau est la cause de la pôlarité de la pile chargée? Cette théorie suppose que les métaux n'entrent pour rien dans la pile à charger; mais nous avons vu que les conducteurs solides prennent beaucoup plus parfaitement de la pôlarité électrique que les fluides; pourquoi donc attribuer à l'action la plus foible ce qui s'explique mieux par la plus forte? On pourroit enfin regarder la pile à charger comme un seul corps, qui étant conducteur médiocre, prend des pôles électriques par le contact avec un conducteur électrique. C'est dire une chose parfaitement vraie que de s'expliquer ainsi; mais ce n'est pas une explication physique, qui doit toujours partir des élémens de la chose, quand ils sont connus; or nous découvrons dans les élémens de la pile secondaire, sur-tout dans le conducteur solide la propriété de se charger, ou de recevoir une pôlarité électrique, il faut donc partir

de là quand on veut donner une saine explication des phénomènes qu'elle présente.

Peut-être les deux expériences suivantes mettront-elles encore mieux au jour la fausseté des deux dernières théories. J'ai pris quatre tuyaux de verre remplis d'eau, et joints ensemble par des fils de platine. Après avoir chargé cet appareil par une pile électrique, je l'ai tourné, de manière que les bulles d'air contenues dans chaque tuyau étoient obligées de passer d'un bout à l'autre. Cette agitation n'empêchoit pas l'appareil d'exciter une saveur bien prononcée sur la langue, comme auparavant. J'ai disposé une autre fois cinquante centimes dans une auge, de la même manière que l'a fait *Cruikshanck*,[1] pour la pile électrique, c'est-à-dire, qu'il y avoit une petite cellule remplie d'eau, entre chaque couple de plaques. J'ai chargé cette pile par une pile électrique de deux cent cinquante étages, puis j'ai versé l'eau et l'ai remplacée par une quantité nouvelle. Après cette opération la pile avoit encore quelque action. J'ai observé que la pile électrique dans cette expérience doit être assez forte pour produire un dégagement de gaz dans toute la pile secondaire. C'est pourquoi l'on pourroit facilement attribuer l'action de la pile secondaire, dans ce cas, à l'oxidation des plaques du cuivre; mais cette explication seroit trop peu conforme à tous les autres faits que nous venons de rapporter. Cependant il seroit à souhaiter que l'on répétât cette expérience avec des plaques d'or ou de platine. J'ai constamment observé, dans ces expériences, que les piles construites de centimes ne produisent qu'un effet extrêmement foible en comparaison avec celui d'une pile dont les plaques ont deux pouces de diamètre. C'est ainsi que je me suis convaincu de l'influence de la largeur des plaques sur l'efficacité des piles secondaires, quoique je n'eusse pas l'occasion de répéter les expériences de *Ritter* avec des plaques de 36 pouces carrés.

Je terminerai ces observations en disant que *Ritter* a répété ses expériences sur la pile physiologique, avec une pile secondaire de 1000 plaques, les cartons mouillés d'une solution saturée de muriate de soude. Ces expériences ont parfaitement confirmé les antérieures. 840 plaques ont donné le maximum de force commotrice, sans action chimique. La totalité de la pile, ou 1000 plaques n'ont pas donné autant. 84 plaques ont donné le maximum d'action chimique. Il a aussi trouvé, ce que l'on devoit prévoir, que les

[1] [ɔ: Cruikshank].

moindres parties de la pile physiologique ne donnent pas d'action chimique par leur déchargement, mais seulement une action physiologique proportionnée à leur grandeur. Il n'avoit pas encore observé ce fait, que dans la pile physiologique composée de parties actives opposées, quand il me communiquoit les expériences contenues dans le mémoire précédent.

Ayant, il y a quelques mois, communiqué plusieurs des découvertes de M. *Ritter* à la société philomatique et à quelques savans distingués, je l'ai informé de l'intérêt qu'on a bien voulu prendre à ses recherches. Je l'ai prié de me communiquer aussi les découvertes qu'il a faites depuis que je n'ai plus l'avantage d'être moi-même témoin journalier de ses expériences. Il a rempli mes vœux d'une manière qui ne peut que me flatter beaucoup; il m'a envoyé des papiers contenant un récit très-exact de ses expériences sur un nouvel appareil à charger par la colonne de *Volta,* et il m'a permis d'en faire part aux physiciens français, et même de les présenter à l'Institut national.

Je me suis empressé de remplir une tâche si honorable avec l'ordre, la clarté et la précision que méritent le nom de l'auteur et l'importance de l'objet. Quant aux expériences, j'en ai répété autant qu'il m'a été possible dans le peu de temps que j'avois à y employer. La plupart m'ont réussi parfaitement, et pour celles qui m'ont présenté quelques difficultés, j'attends des éclaircissemens de l'auteur.

EXPÉRIENCES AVEC LA PILE ÉLECTRIQUE

FAITES PAR M. RITTER, A JÉNA; COMMUNIQUÉES PAR M. ORSTED.

(JOURNAL DE PHYSIQUE, DE CHIMIE, D'HISTOIRE NATURELLE ET DES ARTS. TOME LVII. P. 401—405
PARIS. FRIMAIRE AN 12 (= 1804))

Pendant que le grand inventeur de la pile électrique démontroit l'identité du galvanisme avec l'électricité, plusieurs physiciens allemands s'occupoient aussi de cet objet.

Le célèbre *Ritter* entreprenoit la-dessus une série d'expériences très-étendue, dont les résultats sont assez remarquables pour mériter quelque attention, même après la publication du travail du physicien de Pavie.

Pour bien comparer le galvanisme à l'électricité, il faut distinguer quatre phénomènes différens, c'est-à-dire la tension, l'action chimique, l'étincelle et le choc.

Quant à la tension, tout le monde sait que la pile a deux pôles électriques, l'un positif, et l'autre négatif. Par un examen plus attentif, on découvre ce qu'il étoit facile de prévoir, que les tensions respectives sont plus fortes aux extrémités de la pile, et qu'elles vont des deux côtés, en décroissant, jusqu'au milieu, où il y a zéro de tension; mais ce que l'on ne s'étoit pas imaginé jusqu'ici, c'est que toute la pile devient négative, quand on met le pôle positif en communication conductrice avec la terre; et *vice versâ,* toute la pile devient positive quand on ôte l'électricité du pôle négatif. Ici, il se présente un phénomène qui fait assez voir combien la théorie de l'électricité est encore dans son enfance: quand on a ainsi changée la tension de la pile, l'action chimique ne s'en trouve pas détruite, mais continue comme auparavant. Ce fait s'accorde d'ailleurs fort bien avec l'augmentation de l'action chimique de la pile, quand on fait entrer des sels, des acides, des alkalis, dans leurs couches humides, où la tension reste constamment la même qu'elle étoit quand on employoit de l'eau simple.

L'assertion de *Volta,* depuis répétée par *Van-Marum*[1] et *Pfaff,* que la pile électrique charge momentanément une bouteille de Leyde, ou bien une batterie, demande quelque restriction. Le fait est vrai pour les piles ordinaires; mais si au lieu de cartons bien mouillés, on en prend d'autres qui n'ont que très-peu d'humidité, par exemple, celle de l'air humide, l'action se fait beaucoup plus lentement. Dans le commencement, l'action est encore assez prompte, mais peu à peu, à mesure que les cartons perdent de leur humidité, l'action retarde de plus en plus, de manière qu'une pile de 600 couples de plaques de zinc et de cuivre, chargeoit immédiatement après sa construction, en 10 à 15 min., une batterie de 36 pieds carrés, jusqu'au même degré qu'elle l'auroit chargée instantanément si elle avoit été construite avec des cartons bien humides. On peut aussi composer chaque couche humide d'un morceau de verre, couvert de chaque côté d'un carton mouillé. Une telle pile de 600 couples chargeoit la batterie dans douze heures, jusqu'au même degré qu'une pile ordinaire, à l'eau salée, l'auroit fait dans un temps imperceptible. La loi de ce retard est donc que

[1] [ɔ: van Marum].

l'action d'une pile est d'autant plus lente, qu'elle est moins bon conducteur.

Ritter a sur-tout fait un très-grand nombre d'expériences, qui prouvent que la tension de la pile suit *par-tout* les mêmes lois que celle qui est produite par la machine électrique; mais nous ne pourrions pas ici en donner le détail sans passer les bornes d'un extrait.

C'est un fait bien reconnu que l'électricité produit le même changement dans l'eau que le galvanisme. *Ritter* a fait voir que l'électricité positive en dégage du gaz oxygène, comme le galvanisme positif; et que l'électricité négative en dégage du gaz hydrogène comme le galvanisme négatif.

Des recherches de l'action de la pile sur les métaux, lui ont appris que son pôle négatif les dispose à se combiner avec l'hydrogène de l'eau, de la même manière que le positif les dispose à s'oxyder. L'hydrogénation a des degrés différens pour le même métal, comme l'oxydation. L'argent prend, avec beaucoup d'hydrogène, l'état gazeux; avec une moindre quantité, il reste solide. Il a aussi reconnu que ce n'est pas seulement par la voie humide que l'électricité produit les oxydations et les hydrogénations; le même effet a lieu par la voie sèche. L'oxydation que produit le pôle positif est facile à reconnoître. Il ne faut que l'armer d'une feuille d'or, et le négatif d'un morceau de charbon; en les mettant en contact l'un avec l'autre, la feuille d'or brûle avec une lumière éclatante, et le charbon reste intact. Si on avoit mis le charbon en contact avec le pôle positif, et la feuille d'or avec l'opposé, le premier se seroit brûlé, et la feuille seroit fondue. Quant à l'hydrogénation produite par le pôle négatif, elle est moins distincte, de manière qu'on la découvre rarement; mais il y a cependant des faits qui peuvent être cités pour prouver son existence. Quand on met un petit bocal de fer ou de platine, rempli de mercure, en contact avec le pôle négatif, on obtient, chaque fois qu'on touche la surface de ce métal fluide avec le conducteur positif, un point ou un cercle d'une poudre bien différente de l'oxyde noir de mercure, qui est produite quand on met le mercure en contact avec le pôle positif, et qu'on le touche avec le conducteur négatif. L'oxyde qui en résulte s'arrange en forme de petites étoiles égales à celles que produit l'électricité positive avec de la poudre. Les formes circulaires sur le mercure au pôle négatif, sont aussi égales à celles qui sont produites par de la poudre électrisée avec le conducteur négatif.

Dans une pile dont les pôles ne sont pas en communication conductrice, l'action chimique des couches qui la composent est très-inégale. Les plaques de zinc s'oxydent d'autant moins qu'elles sont plus loin du pôle positif; de manière que celles qui sont les plus proches du pôle négatif n'ont souvent aucune trace d'oxydation, et semblent plutôt avoir été défendues contre l'action de l'eau qui les mouilloit, qu'attaquées par l'action de la pile. On peut rendre cela encore plus sensible, en mettant chaque cinquième couple en contact avec un fil de fer, dont l'autre bout est plongé dans de l'eau. Dans cette expérience, les degrés d'oxydation de ces fils sont en raison inverse de leurs distances du positif; au milieu, le fil de fer ne se trouve pas plus oxydé qu'un autre, qui avoit aussi longtemps été plongé dans de l'eau, sans contact avec la pile, tous les fils qui sont au delà de ce point sont encore moins oxydés. De sorte que l'on voit clairement qu'il y a eu une autre action opposée à l'oxydation.

De tous les effets de la pile, son action sur le corps humain a été le moins examinée; le choc ou plutôt la palpitation qu'elle excite a été regardée comme trop simple pour être sujette à des recherches sévères; et l'éclair, ainsi que son action sur la langue, n'a plus attiré qu'une légère attention. En vérité, ces recherches sont comme toutes celles des êtres organisés, très-difficiles, surtout quand il s'agit d'une action souvent nuisible sur le corps humain vivant. *Ritter* a souvent dû payer les découvertes suivantes par des indispositions assez longues, et même dangereuses.

Tout le monde sait que la peau étant un mauvais conducteur, doit être mouillée pour en faire un bon; on observe aussi, dans la pratique, qu'il faut mouiller et armer de métal une surface d'une certaine largeur pour avoir tout l'effet possible d'une pile. La raison en est facile à trouver, quoiqu'elle puisse conduire à plusieurs conséquences importantes; il ne faut qu'avoir recours à ce fait reconnu, que les conducteurs ne peuvent amener qu'une quantité proportionnée à leur largeur; d'où il suit qu'il faut rendre une partie de la peau assez étendue bon conducteur, pour avoir le plus grand effet. Si une des surfaces mouillées et armées de métal, qu'on touche avec les conducteurs de la pile, est plus grande que l'autre, la sensation y est moins prononcée que celle qui a lieu sur la plus petite, où on a une perception plus marquée et souvent douloureuse; de manière qu'on est le maître de la grandeur de l'effet qu'on

veut produire sur chaque point du corps, chose très-importante pour l'application du galvanisme dans la médecine.

Voici une application de ce que nous venons de dire: toute la différence qu'il y a entre le choc qu'on obtient de la pile, et ce lui qu'on reçoit d'une bouteille de Leyde, résulte de l'état différent où on est quand on les touche; si l'on touche une très-grande pile avec des mains sèches, on éprouve la même sensation que si l'on avoit touché une bouteille de Leyde chargée; mais si, au contraire, on touche cette bouteille, déja déchargée par des mains sèches, avec ses mains bien mouillées et armées de métal, on reçoit un choc semblable à celui d'une pile électrique.

Ritter a réduit tous les effets de la pile sur le corps animal à des expansions et des contractions. Par le conducteur positif, il a fait prendre un plus grand volume à plusieurs parties du corps humain; et par le négatif, il a fait resserrer les mêmes parties. Quand on met la langue en contact avec le conducteur positif, appliquant le négatif à quelque autre partie du corps, et qu'on les laisse tous en cet état pendant quelques minutes, il vient une petite boule sur la langue. Le conducteur négatif, mis en contact avec cet organe, de la même manière, y produit un petit enfoncement. Quand on met les mains mouillées pendant quelques minutes en contact avec les pôles de la pile, le pouls de la main qui est en contact avec le pôle positif devient sensiblement plus fort, et celui de la main qui touche le négatif plus foible. L'auteur nous a donné beaucoup de détails sur cet objet, et il est encore occupé à l'augmenter; nous nous bornerons ici à remarquer que l'expansion est suivie d'une sensation de chaleur, et la contraction d'une sensation de froid.

L'action de la pile sur les organes des sens est modifiée par la nature particulière de chacun d'entre eux; il est remarquable que les deux pôles de la pile produisent en quelque sorte les deux extrémités de chaque espèce de sensation. J'ai déja observé, dans l'extrait que j'ai donné il y a quelque temps, des découvertes de M. *Ritter*, sur la lumière, que la pile produit, dans les yeux, ces couleurs rouges et bleues qui sont à-peu-près prismatiques extrêmes; et s'il n'étoit pas si difficile de distinguer dans ces expériences le violet du bleu, on n'auroit sans doute rien à desirer sur ce point. Dans ces expériences, l'œil en état positif voyant tous les objets en couleur rouge, les voit en même temps plus grands et plus distincts; étant en état négatif, au contraire, il les voit à-la-fois

bleus et plus petits, et moins nets qu'ils se présentent d'ordinaire. Ainsi la force expansive du pôle positif, et la contractive du négatif semblent aussi exercer leur action ici. La langue est également affectée par la pile; le goût acide qu'y produit le conducteur positif, et l'alkalin qu'excite le négatif est assez connu. L'effet du conducteur négatif dans le nez, est une odeur ammoniacale; et celui du positif est une dépression de la sensibilité de cet organe, semblable à celle qu'on éprouve par l'acide muriatique oxygéné. Les oreilles, avec le conducteur positif, entendent un bruit d'un ton bas; et avec le négatif, un ton plus haut.

Ces expériences demandent beaucoup de soins; il faut, pour les bien répéter, connoître les descriptions complettes que l'auteur en a données dans plusieurs traités pleins de détails.

EXPÉRIENCES SUR LE MAGNÉTISME

PAR M. RITTER, A JÉNA, COMMUNIQUÉES PAR ORSTED, DOCTEUR A L'UNIVERSITÉ DE COPENHAGUE.

(JOURNAL DE PHYSIQUE, DE CHIMIE, D'HISTOIRE NATURELLE ET DES ARTS. TOME LVII. P. 406—409
PARIS. FRIMAIRE AN 12 (= 1804))

Les phénomènes du magnétisme ont souvent été comparés avec ceux de l'électricité, et plusieurs faits semblent justifier un tel rapprochement. Cependant ces faits ne sont ni assez nombreux, ni assez concluans, pour en composer une théorie complette. Une suite d'expériences, qui faisoit voir le fer aimanté dans toutes ses relations avec l'électricité, à présent mieux connue par la pile, répandroit sans doute beaucoup de lumière sur cet objet auparavant si obscur. *Ritter* a senti l'importance d'une pareille entreprise, et a commencé de nouvelles recherches sur le magnétisme, avec le même zèle et la même sagacité qui distingue toujours ses travaux. Quoique ces expériences n'aient pas encore obtenu toute l'étendue qu'il leur a destinée, elles présentent cependant assez de faits intéressans, pour exciter la curiosité de tous les physiciens.

Les premières expériences de M. *Ritter* avec l'aimant étoient sur des grenouilles; il trouvoit qu'un fil de fer aimanté produisoit avec un autre non aimanté une palpitation galvanique dans ces animaux.

Il y remarquoit bientôt que le pôle méridional produisoit de plus fortes palpitations que le fer non aimanté, et que le pôle septentrional en excitoit de plus foibles. Ayant toujours remarqué que les métaux les plus oxydables faisoient paroître les palpitations les plus fortes, il en concluoit que le pôle méridional possède une plus grande affinité avec l'oxygène que le fer, et que l'oxydabilité du pôle septentrional est au-dessous de celle du fer.

Il parvint à justifier cette supposition par le moyen de plusieurs réactifs chimiques. Il plaçoit un fil de fer aimanté sur des pièces de verre, dans un plat de fayence, et y versoit de l'acide nitrique très-foible. Le pôle méridional fut beaucoup plus fortement attaqué par l'acide que le pôle septentrional, et fut bientôt entouré d'un dépôt d'oxyde, dont la quantité surpassa beaucoup celle de l'autre pôle.

On fait aussi très-bien voir l'oxydabilité différente des pôles magnétiques, en prenant trois petits flacons, de grandeur égale, remplis d'eau ou pure ou légèrement acidifiée, et mettant dans l'un d'entr'eux le bout méridional d'un fil de fer aimanté, dans l'autre le bout septentrional d'un fil égal, et dans celui qui reste un fil de fer non aimanté, le pôle méridional commence le premier à déposer de l'oxyde, un peu après le fer non aimanté s'oxyde également, mais l'oxydation du pôle septentrional arrive le plus tard. Cette expérience demande beaucoup de soins. Il faut couvrir la surface de l'eau d'huile d'amandes bien fraîche, pour empêcher l'air d'y entrer. On doit aussi prendre garde de ne pas exposer l'un des flacons au soleil plus que les autres, parce que la lumière fait accélérer l'oxydation. *Ritter* s'en est convaincu par des expériences directes, en exposant deux fils de fer plongés dans de l'eau au soleil; mais couvrant de papier noir le flacon qui contenoit l'un, et laissant l'autre à découvert, ce dernier s'oxidoit beaucoup plus vîte.

Si dans l'expérience précédente on substitue à l'eau, dans les trois flacons, de la teinture de tournesol, les oxydations relatives sont les mêmes, mais elles sont accompagnées d'un changement de couleur, qui fait voir qu'il y a eu dans cette expérience une production d'acide, proportionnelle à chaque oxydation, de manière que le pôle méridional a non seulement subi la plus grande oxydation, mais qu'il a aussi le plus rougi la teinture de tournesol;[1] l'ac-

[1] *Ritter* a remarqué que l'oxydation du zinc et de plusieurs autres métaux, dans de l'eau pure, produit un acide. M. *Jager* [ɔ: Jaeger], médecin célèbre à Stuttgard, a fait la même découverte sans connoître celle de *Ritter*.

tion dont il s'agit dans cette expérience est très-foible, et demande souvent huit jours ou davantage, pour donner un résultat distinct, et même pour l'accélérer jusqu'à ce point, on est obligé, avant l'expérience, d'ajouter à la teinture une petite quantité d'acide acétique, capable de la rapprocher de la couleur rouge, sans opérer un changement complet. La teinture rougie dans cette expérience reprend la couleur bleue à l'air; mais il ne faut pas en conclure que l'acide, qui est produit par l'action de l'aimant, soit très-volatil; car de la teinture de tournesol, rougie par de l'acide phosphorique, ou tout autre acide, présente le même phénomène.

L'expérience suivante présente quelques particuliers. C'est pourquoi j'entrerai dans un plus grand détail. Quoiqu'elle n'ait pas été répétée, l'harmonie réciproque de ses résultats prévient en faveur de son exactitude. Seize fils de fer aimantés, de grandeur et de force égale, furent distribués dans six bocaux, tous également remplis d'un mélange de trente-six parties d'eau et d'une partie d'acide nitrique, de la manière suivante: Dans le premier verre, on avoit mis deux de ces fils, dont l'un avoit le pôle méridional et l'autre le pôle septentrional plongé dans le fluide, et ils furent tant approchés, qu'ils n'avoient qu'une demi-ligne de distance. Dans le second, l'arrangement fut le même, excepté qu'on leur donna une distance d'un pouce trois quarts. Dans le troisième et quatrième, il y eut dans chacun trois fils aimantés, les pôles méridionaux étant plongés dans le fluide; mais leurs distances furent différentes, dans chaque verre, comme dans les deux premiers verres. Dans le cinquième et sixième, le même arrangement eut lieu pour les pôles septentrionaux. Il se déposa peu-à-peu différentes quantités d'oxyde; pour tout exprimer en peu de mots, appelons le pôle du sud *S*, celui du nord *N*, leur distance la plus grande *g*, et la plus petite *p*; et nous exprimerons l'ordre des oxydations ainsi qu'il suit: $SNg > SNp > 3\ Sp > 3\ Sg > 3\ Np > 3\ Ng$. Le dix neuvième jour on observa que la perte de fluide par l'évaporation n'avoit pas été égale par-tout, mais elle avoit eu lieu dans l'ordre inverse des oxydations. Tous les fils aimantés avoient perdu de leur force; *NSg* avoit le moins perdu; *NSp* avoit fait une perte plus grande; des trois fils aimantés 3 *Sp*, les deux avoient perdu moins que le troisième; et de même 3 *Sg*, 3 *Np*, 3 *Ng* en avoient deux d'entr'eux plus forts que le troisième; les plus forts étoient égaux à *NSg*.

Dans une autre expérience, où il y avoit deux petits flacons

remplis de teinture de tournesol, qui contenoient l'un deux fils de fer aimantés, dont les pôles méridionaux étoient plongés dans le fluide, l'autre deux fils semblables dont les pôles opposés étoient mis dans la teinture, l'oxydation fut la plus grande dans ce dernier flacon.

Enfin M. *Ritter* tâcha de construire une batterie d'aimans; mais il n'y réussit pas. Il employa à cet effet 120 fils de fers aimantés placés de manière que chaque pôle avoit son opposé vis-à-vis, et dont chacun fut séparé de l'autre par une goutte d'eau; mais cet appareil ne produisit aucun effet. Cependant l'ingénieux auteur n'a pas perdu toute espérance de parvenir à composer une batterie magnétique; mais d'autres expériences, non moins importantes, l'en ont empêché jusqu'ici. Il regarde cette suite d'expériences seulement comme le commencement d'un travail très-étendu, dont nous pouvons espérer d'avoir les résultats dans peu de temps.

EXPÉRIENCES SUR LA LUMIÈRE

PAR M. RITTER, A JÉNA, COMMUNIQUÉES PAR ORSTED, DOCTEUR A L'UNIVERSITÉ DE COPENHAGUE

(JOURNAL DE PHYSIQUE, DE CHIMIE, D'HISTOIRE NATURELLE ET DES ARTS. TOME LVII. P. 409—411. PARIS. FRIMAIRE AN 12 (= 1804))

La découverte importante des rayons solaires invisibles, dont *Herschell* a enrichi la physique, a donné lieu à une autre jusqu'ici peu connue, même dans le pays où elle a été faite.

Les connoissances physiques de la lumière n'avoient fait aucun progrès sensible, depuis *Newton,* quand *Herschell* trouva que l'on n'avoit pas encore observé tous les phénomènes qui se présentent pendant la décomposition de la lumière par le moyen du prisme. On s'étoit contenté de voir les couleurs différentes, sans examiner par d'autres procédés s'il n'y avoit pas de phénomènes imperceptibles aux yeux. *Herschell,* avec le thermomètre, découvrit des rayons invisibles hors du spectre solaire, qui ont la propriété de faire monter le thermomètre. M. *Ritter* répéta ces expériences avec succès, mais considérant que les rayons divers de la lumière pro-

duisent des changemens chimiques très-différens dans les corps qui y sont sensibles, il s'imagina qu'il y avoit aussi dans la lumière des rayons invisibles, qui agissent chimiquement. Il exposa du muriate d'argent à l'action du spectre solaire, et il trouva la réalité de ce qu'il avoit conjecturé; le muriate d'argent devint en très-peu de temps noir, hors du spectre du côté du violet; il se noircit un peu moins dans le violet même, et cette action étoit encore moindre dans le bleu; ainsi elle diminua de plus en plus jusqu'au zéro, en s'éloignant du violet. En exposant un muriate d'argent un peu noirci, c'est à-dire un peu désoxygéné, à la même action de la lumière, il lui faisoit en partie recouvrer sa couleur blanche par le rayon rouge, et plus encore par le rayon invisible de son côté.

Le spectre solaire est donc suivi de deux rayons invisibles, un du côté du rouge, qui favorise l'oxygénation, l'autre du côté du violet, qui favorise la désoxygénation. Les rayons visibles et colorés participent plus ou moins des propriétés de ces principes invisibles, de sorte qu'on doit en conclure, que tous les rayons colorés contiennent plus ou moins de ces principes.

Ces expériences se répètent fort bien avec le phosphore; en laissant tomber dessus le rayon invisible, du côté du rouge, il pousse à l'instant des vapeurs blanches, mais quand on fait tomber sur ce phosphore en oxygénation le rayon invisible du côté du violet, il s'éteint à l'instant avec la même rapidité avec laquelle une grenouille palpite dans les expériences galvaniques.

Ces expériences s'appliquent facilement à quelques autres, faites par le même physicien; il a mis pendant quelques minutes un œil en contact avec le conducteur négatif de la pile électrique de *Volta*, et après cette opération tous les objets lui paroissoient rouges; mais après l'avoir mis en contact avec le conducteur positif, il voyoit tout bleu. Il faut remarquer ici que la rétine et le nerf optique, quand on met le dehors de l'œil en état négatif, deviennent positifs, et *vice versâ;* parce que l'œil est rempli d'un fluide, dans lequel la même distribution de l'électricité doit avoir lieu que dans l'eau et dans les autres fluides. C'est donc dans l'état positif que le nerf optique apperçoit tous les objets avec une couleur rouge, et dans l'état négatif, ils lui paroissent de couleur violette. L'action chimique de l'électricité positive est aussi la même que celle de la lumière rouge; c'est-à-dire, elles favorisent l'une et l'autre; l'oxygénation, l'électricité négative et le rayon violet conservent la même analogie

en favorisant tous les deux la désoxygénation; ce que les expériences avec la pile de *Volta* ont fait assez connoître.

S'il est permis d'ajouter quelque observation à ces découvertes importantes, je citerai un fait des plus connus, c'est que les électricités opposées produisent de la lumière, quand on les réunit, ce que semble démontrer, par synthèse, ce que les expériences précédentes ont fait voir par l'analyse.

Cette notice a été lue à la société philomatique, il y a plusieurs mois. Depuis ce temps M. *Ritter* a publié quelques observations nouvelles qui méritent d'y être rapportées. Il a trouvé, avec tous les prismes dont il s'est servi, que les rayons solaires donnent deux spectres colorés, qui s'élargissent à mesure qu'ils s'éloignent du prisme, ensorte que dans une certaine distance l'un est presque couvert par l'autre. Ce n'est qu'en faisant l'expérience dans une très-petite distance du prisme, par exemple, dans celle de quatre pouces, que l'on parvient à distinguer les deux spectres, qui se confondent de plus en plus, à mesure qu'ils s'éloignent du prisme; c'est sans doute la cause pour laquelle cette observation a si long-temps échappé à l'attention des physiciens. Cette observation a été accompagnée d'une autre plus importante encore, c'est-à-dire, que les rayons chimiques peuvent être parfaitement séparés des rayons colorés. Quand on fait tomber les rayons invisibles du côté du violet dans la partie rouge du spectre solaire, on peut parfaitement suspendre l'oxydation, et même y produire une désoxydation, sans détruire la couleur rouge; on peut même, par le moyen de plusieurs prismes, parvenir à séparer tous les rayons colorés des rayons chimiques. On parvient ainsi à produire un spectre coloré sans action chimique, et une série des rayons chimiques, analogue au spectre, sans aucun mélange de rayons colorés. On n'a pas encore d'expériences exactes pour décider la question, si les rayons caloriques sont aussi séparables des autres, sur-tout des rayons chimiques; mais la comparaison des expériences différentes faites dans l'hiver et dans l'été, où les degrés de chaleur ont été différens, quoiqu'on n'ait pas observé de différence entre la force des rayons chimiques dans les différentes saisons, nous porte à croire que les rayons caloriques sont séparables des rayons chimiques. On pourroit bien demander, pourquoi les différens rayons qui se trouvent dans la lumière s'accompagnent-ils fréquemment, quoique l'un puisse subsister sans l'autre. Sans doute on répondra à cette

question, quand on sera en état de dire pourquoi les différentes fonctions d'électricité s'accompagnent, quoiqu'elles soient séparables aussi l'une de l'autre.

KRITIK OVER DEN SAAKALDEDE EUDIOMETRIE, MED HENSYN PAA LÆGEKUNSTEN.

AF DR. H. C. ØRSTED

(LÆST I DET KONGELIGE MEDICINSKE SELSKAB I JANUAR 1805)

(NYT BIBLIOTHEK FOR PHYSIK, MEDICIN OG OECONOMIE. BD. 8. P. 52—79. KIØBENHAVN 1805)[1]

Fra det Øjeblik da man opdagede at den atmosphæriske Luft, kun ved sin Suurstofgas, eller Livsluft, var i Stand til at vedligeholde Livet og Forbrændingen, begyndte man ogsaa at tænke paa Midler til at opdage, hvormeget deraf den indeholdt. Man troede derved at kunne maale Luftens Tjenlighed for Sundheden, og gav derfor Kunsten at bestemme Luftens Surstofgehalt Navn af Eudiometrie. Man opdagede snart, at den Methode man først havde anvendt til denne Bestemmelse, var feilfuld. Man opfandt derfor nye, ikke mindre ufuldkomne, og derfor ligeledes snart forkastede, for at fortrænges af andre, der atter selv havde samme Skjæbne. Saaledes saae man denne Sag i lang Tid sysselsætte Physikeren og Lægen, som en af de Menneskeheden vigtigste. Jeg troer at det nu er Tid, af saa mange Forsøg at uddrage et Resultat, om det ikke var andet end det, at Eudiometrien aldrig har fyldestgjort, og aldrig kan fyldestgjøre det man ventede af den. Paa en Tid da Chemien er saa stolt af sine store Fremskridt, er det vigtigt at vise dens svage Sider, og vække af den Slummer, som Tillid til en formeent ufeilbar og enesaliggjørende Lære foraarsager. Overiilet Anvendelse af nye Opdagelser er, i Følge den menneskelige Natur, uundgaaelig, men flere Decenniers Erfaring bør nu dog endeligen engang føre os tilbage igjen paa den rette Vej. Jeg vil derfor vejledet af disse, stræbe at vise, at Eudiometrene, i Følge deres Natur, ere uskikkede til at opfylde deres Øjemeed, og at det heller ikke vilde være saa vigtigt som man troer, om man end var i Stand til,

[1] [Findes paa tysk i »Neues allgemeines Journal der Chemie«. Herausgegeben von *Ad. Ferd. Gehlen.* Bd. 5. P. 365—392. Berlin 1805].

paa det nøjeste at bestemme hvor megen Suurstofgas Luften indeholder, hvortil jeg endnu maa føje nogle Bemærkninger, over de forskjellige Aarsager, som forandre Luftens Virkning paa det dyriske Legeme, og hvorledes man maatte gaae frem for at lære disse at kjende.

Alle Eudiometere grunde sig derpaa, at et brændbart Legeme absorberer Suurstofgasen af Atmosphæren. Naar man altsaa indslutter et saadant i en Portion Luft, saa troer man, at det mere eller mindre hurtigt skal absorbere al dens Suurstofgas. Denne Mening forudsætter den Naturlov, at naar tre Materier ere i Kommunication med hverandre, saa vil det blandt dem, som har den største Affinitet til et af de andre ganske bemægtige sig dette. Er dette ingen Naturlov, saa følger deraf, at hin Maade at bestemme Luftens Suurstofindhold er urigtig, og dette er virkeligen Tilfældet. *Berthollet* har viist, at naar to Legemer, ved deres Affinitet, virke paa et tredie, da tager hver af dem noget af dette, saavel i Forhold til deres Affinitet, som i Forhold til deres Masse, til sig. Sæt for Exempel, at Salpetergasen havde 20 Gange saa megen Affinitet til Suurstofgasen, som Azotgasen har, saa vilde vel den første tage 20 Gange saa meget Suurstofgas til sig, som den anden, men denne vilde dog beholde en $^1/_{21}$ Deel ved sig, og altsaa ikke rent vorde skilt ved sin Suurstof. Den vil tillige vise nogen Affinitet imod Salpetergasen selv, saa at man, efter at have blandet atmosphærisk Luft med Salpetergas, vilde beholde en Blanding af Azotgas, Suurstofgas og Salpetergas tilbage. Man kan herimod ikkun gjøre to Hovedindvendinger. Man kan enten nægte, at Azotgasen har nogen Affinitet til Suurstofgasen og Salpetergasen, eller og man kunde betvivle Rigtigheden af de *Berthollet*ske Opdagelser. Det første lader sig fornuftigvis ikke gjøre; thi havde de to Luftarter, som udgjøre vores Atmosphære slet ingen Affinitet til hinanden, da vilde de snart, ved deres ulige specifiske Tyngde, skille sig fra hinanden, og ved en rolig Luft vilde al Suurstofgasen sænke sig ned mod Jorden. Vel har man foregivet, at atmosphærisk Luft hensat $1^1/_2$ Aar i et langt Rør, havde adskilt sig i sine to Hovedbestanddele; men dette Experiment er ikke bekræftet, og om det end var sandt, saa vilde det kun bevise, at deres Affiniteter var noget svagere end Forskjellen mellem deres specifiske Vægter, men deraf følger ikke, at den er $= 0$. At antage dette, strider deels mod den nys anførte almindelige Erfaring, over vores Atmosphære, deels mod den Sandhed, at der ikke gives to Legemer,

som ere ganske uden Affinitet til hinanden. Naar vi træffe to Legemer i Erfaringen, som slet ikke forene sig med hinanden, da beviser det ikke andet end at den Kraft, hvormed de stræbe at vedligeholde deres egen Qvalitet, er større end den, hvormed de stræbe at forene sig, eller for at bruge et ældre Udtryk, at deres Deles gjensidige Attraktion er mindre end Summen af deres Cohæsionskræfter. Vilde man derimod tvivle om Rigtigheden af de *Berthollet*ske Ideer over Affiniteterne, saa maatte man paa eengang modsige Fornuft og Erfaring; thi, hvo kan tro at A kan ophøre at virke paa B, fordi C ogsaa virker derpaa? Maa ikke meget mere A ligesaavel bevirke noget i B ved sin Kraft, som C ved sin? Og maa ikke 2 C virke mere end 1 C, ligesaavel som en Masse af 2 Pund virker dobbelt saa meget, som en Masse af 1 Pund, ved lige Bevægelse? Desuden har *Berthollet* bekræftet disse Affinitetslove, ved saa talrige Erfaringer, at den som ikke tør stole paa Fornuftgrunde, blot behøver, at holde sig til Experimenterne. Saa megen Tvivl end denne *Berthollet*ske Opdagelse vækker mod alle chemiske Analyser, saa er dog ingen, saameget disse Tvivl underkastet, end en saadan analytisk Methode, der, liig den eudiometriske, skal give Folk der ikke ere fortrolige med alle Analysens Hjelpekilder, et Middel i Hænderne, til at bestemme Atmosphærens Bestanddele, endog paa Hundrede- ja Tusindedele nær.

Vi nødes altsaa til at slutte, af de *Berthollet*ske Opdagelser, at ikke alle brændbare Legemer berøve Atmosphæren ligemeget Suurstof, om man end gav det svagere virkende nok saa megen Tid dertil, at intet brændbart Legeme berøver den atmosphæriske Luft al sin Suurstof, og at endeligen en Deel af det brændbare Legeme selv maa være i Stand til at indgaae i Forbindelse med den tilbageblevne Deel af Luften, saa at man ikke kan bestemme, hvor meget af den Luftrest, man efter Forsøget har, tilhører Atmosphæren, og ligesaalidet hvormeget det brændbare Legeme egentlig, ved sin Forbrændning har tiltaget i Vægt. Det eneste som blev tilbage for Eudiometrene var altsaa, at man altid anvendte samme eudiometriske Substants i samme Form, og i lige Qvantitet, bedst i en saadan som i Forhold til Luftens var overmaade stor. Man vilde da vel ikke nøje faae at vide hvormegen Suurstof der er i Luften, men dog af den Mængde den afgav til en og samme Substants kunne slutte, til en forandret eller vedligeholdt Proportion mellem Atmosphærens Bestanddele. Dog kun under den Betingelse, at en

Mængde Omstændigheder, som kunde forandre Resultatet iagttoges og bragtes i Regning, saaledes som den Forandring Varmen frembringer i Affiniteterne og i Producternes Volumen; Fugtighedens Indflydelse, Lufttrykkets Forandring ꝛc. Vi ville lære alle disse Omstændigheder nærmere at kjende, ved de fornemste hidindtil foreslagne eudiometriske Methoder, og see, om ikke det vi have anmærket om dem i Almindelighed ogsaa passer paa hvert i Særdeleshed, og ved samme Leilighed vil endnu en Mængde af andre Hindringer, for de eudiometriske Undersøgelser møde os, og forstærke Beviset for Eudiometriens Utilstrækkelighed.

Man kan med Føje inddele de eudiometriske Substantser, efter de tre Hovedklasser, i gasformige, flydende og faste.

De gasformige beroe derpaa, at en Gasart forener sig med Surstoffen og contraherer sig til et draabbart Fluidum. Da man ikke forud veed hvormegen Surstofgas der er i den Luft, som undersøges, saa er det nødvendigt at vide nøje Proportionen af Surstofgasen og den eudiometriske Luftart, som indgaaer i den nye Forbindelse. Man har kun anvendt to Luftarter til eudiometrisk Brug, nemlig Salpetergasen og Vandstofgasen.

Salpetergasen er oftest bleven anvendt, og man har givet sig megen Umage for at forbedre de paa dennes Brug grundede eudiometriske Undersøgelser. Herved har man saa fuldkomment viist alle Vanskelighederne, som herved frembyde sig, at det nu er os let at see, at disse ere uovervindelige, eller dog langt overveje Fordelene. I det Salpetergasen kommer i Berøring med Surstofgas, forenes begge til dampformig Salpetersyre, som letteligen absorberes af Vand, saa at intet andet end Salpetergasen, og den irrespirable Deel af den undersøgte Luft, bliver tilbage. Vidste man nu ganske bestemt, hvor meget Surstofgas en vis Mængde Salpetergas optog, saa kunde man let beregne den fortærede Surstofgases Volumen; men dette er ikke Tilfældet. Salpetergasen forvandler sig ikke alene til røde Dampe, ved Foreningen med Surstofgasen, men en Deel kan endog muligen forvandle sig fuldkommen til Salpetersyre. Med andre Ord, Proportionen af de absorberede Gasarter er ikke constant. Heraf lade Ulighederne i Physikernes Resultater sig forklare. At man har erholdet ensformige Resultater, under samme Omstændigheder, strider ikke herimod, man har endnu meget oftere erholdt uoverensstemmende. *Humboldt* har selv bemærket, at reen Suurstofgas frembragte en forholdsmæssig

større Absorbtion med Salpetergasen, end den atmosphæriske Luft. Proportionen af Surstofgasen i den undersøgte Luft forandrer altsaa Resultaterne. Mangfoldige andre Omstændigheder have samme Indflydelse. Er Eudiometerrøret snævert, saa er Absorbtionen mindre, end naar det har en større Diameter; men i det sidste Tilfælde er Maalet derimod mindre nøjagtigt, naar man ikke iagttager den allerstørste Forsigtighed. Er Vandet, som anvendes til Sperringen luftfrit, saa absorberer det Luft, indeholder det Luft, saa kan det meget let give noget fra sig ved Bevægelsen. Indeholder det atmosphærisk Luft, saa kan ogsaa denne virke paa Salpetergasen, indeholder det Salpetergas, saa virker denne paa Luften, som undersøges. Indeholder Vandet noget kulsurt Salt, saa udvikler den frembragte Salpetersyre deraf Kulsyregas. Forhøjes Temperaturen, saa forvandles noget af Sperrevandet i Damp, formindskes den, saa tilintetgjøres Dampen, og saaledes forandres Luftens Volumen ved enhver Temperaturforandring, foruden den eiendommelige Udvidelse, selv den tørre Luft vilde lide, ved en saadan Temperaturforandring. Barometerforandringerne fordre en ligesaadan dobbelt Correction, som Varmeforandringerne. *Humboldt* vil endnu, at man skal tage Hensyn paa Salpetergasens Renhed. Dersom de absorberede Gasarters Proportion var constant, saa var dette overflødigt, men nu maatte det vel ansees for nødvendigt; thi vel faaer man altid de samme Resultater, ved Salpetergas af ulige Renhed, naar alle Omstændigheder ellers ere lige; men dette staaer for lidet i vores Magt. Men vil man have nogen Nytte af den *Humboldt*ske Correction, saa maae man maale Salpetergasens Renhed før Forsøget (som bekjendt med Jernvitriolopløsning) og efter Salpetergasens Blanding med den atmosphæriske Luft, lade al den Salpetergas, som bliver tilovers fra Absorbtionen, indsuge af Vitriolopløsningen. Man seer let, at hver af disse Maalninger er underkastet ny Feil, eller fordrer ny Correctioner, saa at man nødes til at berigtige Berigtigelser i det Uendelige. Hertil kommer endnu, at Vitriolopløsningen, som *Humboldt* anvendte, til at prøve hvor meget Azotgas Salpetergasen indeholder, selv decomponerer denne, og frembringer deri Azot, hvilket *Berthollet* og *Davy* have viist. Af det, som jeg her har fremsat, troer jeg med Rette at kunne slutte, at den atmosphæriske Lufts Undersøgelse ved Salpetergas, leder ind i en Labyrinth, hvoraf neppe den allermest øvede Experimentator kan rede sig ud.

Undersøgelsen af den atmosphæriske Luft, med Vandstofgas, er unægteligen meget lettere. En elektrisk Gnist fuldender den i et Øjeblik. Vi vide bestemt, hvor meget Suurstofgas der udfordres til at forvandle en bestemt Mængde Vandstofgas i Vand, og kunne altsaa dristigen slutte fra Volumen af begge de forsvundne Gasarter til Mængden af hver især, dog er denne Methode langt fra at være feilfri. Erfaringen lærer, at noget Azot kan ved denne Operation forbrændes, og danne Salpetersyre. Ikke al Surstofgasen skilles fra Azoten, ved denne Operation, ja man finder endog, at Vandstofgasen slet ikke lader sig antænde i en Luft, som er fattig paa Surstofgas; dog kan man afhjelpe denne Feil, naar man blander den slette Luft med nogen god, hvorved den sættes i Stand til at vedligeholde Vandstofgasens Forbrænding, som nu ogsaa fortærer den meste øvrige Surstof. Vandstofgasen er sjeldent fri for Kulstof. Dette forstyrrer Resultaterne meget. De Ulejligheder, som følge umiddelbart af Sperrevandet, ledsage ligeledes Luftens Undersøgelse ved Vandstofgasen. Hvorvidt man med Nytte kunde anvende Qviksølv som Sperremiddel, er endnu ikke afgjort. Saa meget er i det mindste højst sandsynligt, at de Vanddampe, som ved begge Luftarters Forening frembringes, ikke alle, ved Afkjølingen, fortættes, men at saa mange, som under Luftens daværende Temperatur kunne holde sig i den elastiske Tilstand, virkeligen ville blive deri, og derved forøge Luftrestens Volumen.

De flydende og faste eudiometriske Substantser synes i det mindste at have den Fordeel forud for de Luftformige, at den Luftrest man efter Forbrændningen faaer, ikke bestaaer af andet end den irrespirable Deel af den atmosphæriske Luft; men det synes ogsaa kun saa; thi det er ikke at nægte, at jo Azotgasen maa være i Stand til at opløse noget af enhver fast eller flydende Substants, og endnu mere maa dette finde Sted, da den eudiometriske Substants aldrig fuldkomment kan berøve Luften al sin Surstof, og denne naturligvis ved sin Affinitet til den eudiometriske Substants maa bidrage til, at der optages destomere af samme. Dog er saa meget vidst, at de faste eller flydende Materier ikke kunne bidrage saa meget til at udvide Luftresten, som de luftformige.

Davy har foreslaaet en eudiometrisk Substants, som skulde forene Salpetergasens store Absorbtionsevne med de flydende Legemers Fuldkommenhed i, ikke betydeligt at forandre Luftens Volumen. Han anvender nemlig en med Salpetergas mættet Opløs-

ning af saltsurt eller svovlsurt Jern. Men da han selv maa tilstaae, at denne Gas atter skiller sig fra Metalsaltet, blot ved et formindsket Lufttryk eller ved en forhøjet Temperatur, og at ligeledes Gasen letteligen decomponeres af den ufuldkomne Jernkalk i Saltet, saa indsees let, at denne Methode ikke vil give rigtige Resultater, uden i den mest øvede Experimentators Hænder.

De svovlede Metaller anvendes neppe mere af nogen, til at bestemme Luftens Surstofgehalt, hvorimod de svovlede Alkalier have vundet mere Bifald. Uden Tvivl høre de til de bedste eudiometriske Substantser vi kjende, men dog ere Indvendingerne derimod ikke uvigtige. Der er ingen Tvivl om, at noget af disse Opløsningers svovlede Vandstof opløses af Luften, og derved forandrer dens Volumen; herom kan allerede Svovelalkaliernes Lugt, saasnart de befugtes med Vand, overbevise os, ei at tale om, at Affinitetslærens almindelige Principier nøder os til at antage det. Svovlalkalierne virke langsomt, og man har intet Kjendetegn, hvorpaa man kan bemærke, naar al Surstofgasen er fortæret. Hertil kan endnu føjes at *Marti* har fundet, at frisk tilberedet Svovlkalk absorberer Stikstofgas tillige med Surstofgasen. Desuden have Svovllevereudiometerne den Ufuldkommenhed, at de let kunne mætte Luften med Fugtighed.

Phosphoret hører blandt de fuldkomneste og mest brugte eudiometriske Stoffer. Man har ofte anvendt dets pludselige Forbrændning til at maale Luftens Surstofgehalt, men denne voldsomme Operation, der desuden saa let destruerer Instrumentet selv, er nu næsten forladt; hvorimod man anvender Phosphorets langsomme Forbrændning. *Parrot* har dertil foreslaaet et passende Instrument, som kan sperres med Qvægsølv. Man behøver altsaa ikke her at frygte for, at Luften blandes med flere Dampe end den før indeholdt, man behøver ei at holde Regninger over den absorberede Kulsyregas, man veed naar Operationen er til Ende, i det Phosphoret da ophører at lyse i Mørket. Dog er der, ogsaa ved dette Eudiometer, nok at bemærke. Ved Luftens Decomposition præcipiteres Vand. Luftresten er ingen reen Azot, men en Sammensætning af denne med Phosphor og lidet Surstof. *Parrot* har selv bemærket, at naar Phosphoret, under visse Omstændigheder har staaet noget længere i Berøring med Luften, end til Absorbtionen udfordredes, begyndte den efterladte Luft paa nye at udvide sig. For alt dette maa der anbringes Correctioner. Har Barometeret og Thermometeret under

Forsøget forandret sig, giver dette, som ved alle andre Eudiometerforsøg en Correction, som dog her er lidet lettere for Barometeret; thi sæt at dette var steget en Tomme, saa behøvede man blot at stille Røret saaledes i Qvægsølvet, at dette stod en Tomme højere inden i end uden for, og nogenlunde det samme omvendt, i modsatte Fald.

Blyalmalgam, som ved at rystes med Luften, absorberer saa megen Surstof, synes at være af de meget anbefalningsværdige eudiometriske Substantser, da det er sandsynligt, at Luften kun kan opløse meget lidet deraf, altsaa derved ikke meget vil forandre sit Volumen; dog maa man lægge Mærke til, at det hidtil endnu ikke er saa meget undersøgt, at vi kunne bedømme alle ledsagende Omstændigheder, at det er sandsynligt at en saa let oxydabel Metalmasse decomponerer Luftens Fugtighed noget, at man ikke har noget Tegn paa at Absorbtionen er ophørt.

Dette maa være nok om de enkelte Eudiometere, vel gives der endnu mange flere, men da jeg allerede af almindelige Grundsætninger har viist Kilden til deres Ufuldkommenhed, saa troer jeg her at have gjort nok, ved at anvende disse Principer paa de vigtigste og bekjendteste Eudiometere. Det er ikke min Hensigt, af det fremførte at slutte, at man slet ikke kunde faae belærende Resultater af de eudiometriske Forsøg, men jeg troer at have viist saa mange Vanskeligheder ved dem, at man ikke kan vente, at andre end de mest øvede Experimentatorer kunde finde Sandheden i dem. Man betænke kun, at man for at faae et rigtigt eudiometrisk Resultat, maa observere Barometerforandringerne, Temperaturforandringerne, den indsluttede Lufts Fugtighedsforandring, at hver af disse Omstændigheder fordrer egne Observationer og egne Correctionsberegninger, at der desuden maa sørges for, at Forsøget i rette Tid afbrydes, at der maa undersøges, om det til Sperningen anvendte Fluidum har givet Luft fra sig, foruden andre Undersøgelser, som hver enkelt eudiometrisk Materie in Specie gjør nødvendig, saa vil man neppe mere kunde tvivle om Rigtigheden af min Paastand.

Men sæt endog at Eudiometret blev anvendt rigtigt i mange Lægers Hænder, mon de Fordele, som heraf vilde flyde, vare store? Jeg troer at torde benægte det. De bedste Undersøgelser vise os, at Luften altid og overalt indeholder lige megen Surstof. *Marti* fandt i Spanien Luften lige rig paa Surstof, under lige Omstændigheder,

da Svovlleveren altid gav ham megen Absorbtion. Selv i Nærheden af staaende Vand fandt han ingen mærkelig Forandring. *Berthollet* har overbeviist sig om det samme Faktum, saavel i Ægypten som i Paris. Selv paa en Tid da Ægypten var oversvømmet af Nilen, under 30° Temp., fandt *Berthollet* ikke Luftens Godhed formindsket. I Paris og Ægypten fandt han Luften lige surstofrig. *Cavendish* fandt samme Resultat, allerede 1783, da han anstillede meget nøjagtige Forsøg med Salpetergas. Forsøg med en Luft, som var sendt til *Beddoes,* fra Kysten af Guinea, bekræfte det samme. Kort, den atmosphæriske Luft er ens overalt, og hvorledes var andet muligt, da den altid er i Bevægelse, og da det Reservoir hvoraf Jorden, og dens Beboere trækker Surstof, er saa stort, at man ikke let kan tænke sig en eller flere Oxydationsprocesser stærke nok til at forandre mærkeligt dens Bestanddele. Især vorder dette indlysende, naar man betænker, at enhver Oxydations- eller Desoxydationsproces forandrer Luftens Volumen, og altsaa maa frembringe Strømninger. Kun i en indsperret Luft kan Surstofmængden mærkeligen forandres; men herpaa er man vis nok, uden Eudiometer, og man er i Almindelighed underrettet nok om en saadan Lufts Beskaffenhed, naar man veed om et Lys kan brænde deri eller ikke. Man seer deraf hvor indskrænket Eudiometernes Nytte vilde være, om man end kunde gjøre dem almenbrugelige.

Men sæt ogsaa, at Suurstofmængden i Luften virkeligen var ulige paa forskjellige Steder og til forskjellige Tider, saa vilde det dog være meget overilet, deraf at slutte til en proportioneret Acceleration eller Retardation, i de deri foregaaende Forbrændningsprocesser. Det er bekjendt, at Surstofgas blandet med megen Kulsyregas, befordrer Forbrændningen og Respirationen mindre end den, blandet med Azotgas, vilde gjøre det, hvorimod Vandstofgasen, langt fra ikke er Respirationen saa hinderlig. Vi vide ligeledes at Surstofgasen og Azoten kunne være forbundne med meget ulige Grader af Affinitet. Vi vide endog at Elektriciteten paa en meget virksom Maade kan forandre den Form, hvorunder disse to Stoffer existere, blandede. Skulde ikke Luftens Elektricitet være i Stand til at frembringe en saadan Forandring, der blot ved sin Lidenhed, ikke af os hidindtil er blevet observeret, skjøndt vi maaskee ofte have følt den? En Omstændighed, som ganske lidet forandrer Affinitetsgraden mellem Atmosphærens Grundstoffer, hvortil Vand og Kulsyregas ogsaa maa regnes, kan gjøre at Respirationsprocessen

foregaaer langsommere eller hurtigere, uden at Mængden af Surstofgasen i Luften, derfor er bleven formindsket eller formeret. Jeg troer, i et saadant Forhold, at finde Aarsagen til Luftens Usundhed i Nærheden af Moradser, og overhovedet, hvor megen Uddunstning, af vegetabilske og animaliske Dele, finder Sted; thi som brændbare, have disse Substantser Affinitet til Surstoffen, og altsaa gjøre de en Modstand mod dens Fraskillelse fra Luften; ved de eudiometriske Operationer derimod, nedslaaes disse Dampe, og Eudiometeret vil omtrent angive den samme Surstofmængde, som ellers.

Luftens Fugtighedsgrad maa bidrage sit til at bestemme Forbrændningsprocessens Hurtighed[1]. Hvo veed f. E. ikke at Pyrophorus brænder slettere i tør end i fugtig Luft? og har Madame *Fulhame* ikke beviist Fugtighedens Indflydelse, ved mangfoldige Forbrændninger og Reductioner? Vel er det vidst, at der ved Respirationen er Fugtighed nok tilstede; men er det ligesaa vidst, at Luften i den korte Tid den opholder sig i Lungerne, inden den maa gjøre Plads for nye, kan faae Tid til at mætte sig dermed?

Luften har ikke altid lige Tæthed. Deraf følger, at vi ikke altid, ved Aandedrættet, erholde lige megen Luft, altsaa, ved uforandret Proportion af Bestanddelene, ikke lige megen Surstof, undtagen Respirationens Hastighed just skulde staae i omvendt Forhold til Luftens Tæthed, en Sætning man ikke uden videre Bevis kan antage. Desuden forandre Affiniteterne, mellem de forskjellige Substantser sig efter Trykkets Ulighed.

Inden visse Grændser befordrer Varmen Respirationen. *Spalanzani*[2] fandt, at adskillige koldblodige Dyr fortærede destomere Surstofgas, jo højere Luftens Temperatur var, og at de ved 0° ganske ophørte at respirere, og derved faldt i Dvale. Under Fordøjelsen, fandt han, at de fortærede endnu meer Surstof, end naar de længe ingen Næring havde taget til sig.

Endnu en Indvending, der maaskee med Tiden vil vorde anseet som Hovedindvendingen, mod de fleste nu værende Physikeres Meninger om Indflydelsen af Luftens Surstofmængde, men som mange nu ville troe, meget let at kunne affærdige, fordi den er grundet paa et Princip, der endnu ikke er blevet optaget mellem de curante Sandheder, er denne: Surstofgasen skylder unægteligen noget Væsentligt af sine Egenskaber til Elektriciteten, vi nødes til

[1] *Parrot* har ved meget bestemte Forsøg beviist dette. See *Gilberts* Annalen der Physik. 10 Bd. 168 i Anmærkningen. [2] [ɔ: Spallanzani.]

at antage, at den har en elektrisk Ladning, eller som mange vilde kalde det, bunden Elektricitet; denne kan svækkes noget, uden at Surstofgasen hører op at være Surstofgas, altsaa have vi endnu ikke maalt dens Activitet, fordi vi have maalt dens Qvantitet. Antages *Ritters* Mening om Vandet, saa kan der ingen Tvivl være om, at Surstofgasen skylder Elektriciteten sin hele Natur, staaer man derimod endnu paa Antiphlogistikernes Partie, saa plejer man rigtig nok intet at ville høre om Elektriciteten i Chemien; men efter de senere Aars Erfaringer, kan man vel neppe længere undslaae sig derfor. Det vilde dog virkeligt være at spotte Erfaringen alt for grovt, at vilde nægte det nu, da vi see Vandet adskilles i sine Bestanddele (for at tale deres eget Sprog) ved en elektrisk Procesz, og da der gives Foreninger, som den mellem Surstof og Azot, der nesten ikke uden vores kraftigste Elektrisermaskiners Hjelp kan tilvejebringes. Men spiller Elektriciteten en vigtig Rolle i Surstoffen selv, saa maa man tilstaae, at en ganske liden Forandring i dens Ladning (bundne Elektricitet) kan forandre den Energie, hvormed den virker, betydeligt nok, for at gjøre alle vore Qvantitetsbestemmelser af Surstoffen unyttige. *Winterl* har rigtigt indseet dette Forhold, og søgt at bekræfte det ved adskillige Forsøg.

Man har allerede for længe siden gjort den Bemærkning over Eudiometrene, at Luftens Salubritet endnu ikke var bestemt, fordi man kjendte Qvantiteten af dens Surstofgas. Saa rigtig end denne Bemærkning er, saa kunde det dog altid have sin Nytte at vide, hvormegen Surstofgas der indeholdtes i Luften, naar Respirationsprocessens Intensitet dermed stod i en bestemt Proportion. Jeg har derfor ikke vildet anbringe denne Indvending mod Oxygenometriens Nytte. Den beviser derimod fuldkomment, at der gives andre Undersøgelser over Luftens Forandringer, som ere langt vigtigere end Surstofmængdens. En Tusindedeel oxygeneret Saltsyre i Luften, vil sikkert have en langt større Indflydelse paa Sundheden, end en Forandring af 2 à 3 Procent Surstofgas vilde have. *Schmeisser* har forsikkret mig, at han oftere har fundet saavel hin Syre, som ogsaa Svovl, og andre saadanne Materier i Luften, naar han undersøgte større Qvantiteter deraf. De farligste Miasmer, forraadnede Uddunstninger og deslige, udgjøre maaskee ingen Milliondeel af Luften, og dog gjøre de os den saa yderst skadelig. Dog dette maa enhver indsee, og derfor har jeg her blot vildet nævne det. Min Hovedhensigt har det her kun været, at vise at Respirationspro-

cessens Hastighed ikke beroer paa Mængden af Surstofgasen i den respirerede Luft. Jeg vil hermed slet ikke nægte, at det engang, naar Videnskaben er kommet videre, kunde være nyttigt at vide Surstofmængden i Luften, dersom den virkelig forandrede sig, som det dog ikke synes; men jeg troer tilstrækkeligt at have viist, at der udfordres saa mangfoldige andre Data, til en saadan Bestemmelse, at Videnskaben endnu er meget langt fra at kunne endog begynde den.

Maaskee vilde det føre os til langt vigtigere Resultater for den dyriske Oeconomie, dersom man undersøgte, om Forbrændningen altid gik lige hurtigt for sig, i den atmosphæriske Luft. Men dette vil ikke være let, da det er saa vanskeligt at gjøre alle Omstændighederne ved Forbrændningen altid fuldkommen lige. Jeg har i det mindste endnu ikke kundet finde en Methode, for disse Undersøgelser, som ganske tilfredsstillede mig saaledes, at jeg strax torde anbefale den. Jeg haaber at en Række af Forsøg snart skal give mig de nødvendige Oplysninger.

Ved alle Undersøgelser er det vigtigt, at alle de Omstændigheder som staae i nogen Slags Sammenhæng med den undersøgte Gjenstand paa det nøjeste undersøges med. Det er at tilraade, at man ikke nøjes med at anstille Undersøgelser over Luftens Evne til at vedligeholde Forbrændningen; men at man ledsager Forsøgene herover, med andre metheorologiske Iagttagelser; thi da disse kunne have Indflydelse paa Legemets Tilstand, saa kan man ikke tvivle om Muligheden af, at de kunne frembringe Forandringer i Legemet, hvoraf en formindsket eller formeret Respiration følger, hvorved man kunde tillægge Luftens Forbrændning underholdende Evne Virkninger, som havde deres Udspring af ganske andre Aarsager. Altsaa maatte Luftens Fugtighed, dens Kulsyremængde, dens Temperatur, dens Tryk paa det nøjeste undersøges, og deres Indflydelse, saa vidt som muligt, bemærkes. Ligeledes maatte man vaske store Luftportioner med destilleret Vand, for at see, hvilke i Vand opløselige Stoffer den indeholder. Denne Undersøgelse vilde sikkert være meget lærerig. Lysets Intensitet maatte hver Dag bestemmes, det har sikkert en overmaade stor Indflydelse paa Dyrets velbefindende. Luftens frie Elektricitet maatte ikke tabes af Syne. Endnu maa jeg foreslaae nogle Undersøgelser som maatte være af største Vigtighed, og som hidindtil ganske ere blevne forsømte, nemlig at Luftens Ledeevne for Varme og Elektricitet hver Dag skulde maales. For at undersøge Varmeledningen, behøvede man blot at ophænge et,

til en vis Grad opvarmet, Thermometer frit i Luften, til det blev afkjølet. Eller maaskee det endnu var bedre, at indslutte Thermometerets Kugle i en Cylinder med varmt Vand, for at have en desto større Masse til Afkjølning. At man maatte bruge et nøjagtigt Uhr, til at bestemme Afkjølningstiden, at man maatte ophænge Thermometeret, saa meget muligt, altid paa samme Sted, og mangfoldige andre Forsigtighedsregler forbigaaer jeg her, da enhver som kan experimentere let finder dem. Luftens Evne til at lede Elektriciteten, kunde bestemmes ved Hjelp af det Coulombske Elektrometer. Naar man deri ophænger en isoleret og elektriseret Metalkugle, saa taber den altid en med Luftens Ledeevne og sin Elektricitet proportioneret Kraft, i hver Tidsdeel, hvilket *Coulomb* fortræffeligt har viist. Da Dyret altid frembringer Varme, og, som det synes, ogsaa Elektricitet, hvilke derimod ved Luften afledes, saa vil det være vigtigt for Sygdomsgrandskeren at vide i hvor høj Grad Luften, til hver Tid, besidder denne Evne.

Magnetnaalen staaer aldrig stille, men bevæger sig, ofte paa en tilsyneladende uregulair Maade. Maaskee ikke engang disse vilde være Lægen ganske ligegyldige. De synes i det mindste at staae i Forbindelse med de største Phænomener paa Jorden.

Fornemmeligen vilde jeg anbefale Undersøgelser med den galvaniske Støtte, saa paradox det maaskee ved første Øjekast torde synes. *Ritter* har bemærket at dens Styrke afvexler, hver Dag, og hver Time paa Dagen, paa en Maade som har meget Overeensstemmende med Magnetnaalens Variationer. Han formoder, af Grunde som det her ikke er Stedet at anføre, en stor Sympathie mellem disse Forandringer, og Virkningen af Jordens hemmeligste Kræfter, ja han har endog herover gjort Erfaringer paa Syge, i hvis Bekjendtgjørelse jeg heri ikke tør foregribe ham.

Maaskee forandrer Vandet sig ligesaa meget og ofte som Luften, og fortjener en med dennes parallelgaaende Undersøgelse. Den daglige Erfaring lader os neppe tvivle herom. Først og sidst maa jeg erindre, at kun de nævnte Forsøg kunne vorde lærerige ved at anstilles enten alle eller dog de fleste samlede, og at et enkelt lidet eller intet lærer. Maaskee behøvedes en ny *Hippokrates*, for at gjøre den rette Anvendelse af dem i Medicinen.

Jeg tvivler ikke om, at Vanskeligheden i at udføre alle de her foreslagne Undersøgelser jo maa paafalde enhver, og dette giver et nyt Beviis for at de ikke tilfalde Lægen, men den egentlige experi-

menterende Physiker. Ja jeg er endog overbeviist om, at dette Slags Undersøgelser aldrig ville komme til nogen stor Fuldkommenhed, førend vi erholde physiske Observationer, ligesom vi nu have astronomiske. Saa lidet trøstende det end maatte synes at vi endnu ere saa langt fra Maalet, saa er det dog bedre at vide dette, naar det virkeligen forholder sig saa, end daarligen at overlade sig til en indbildt Klogskab, der er ligesaa vanærende hos Grandskeren, som skadelig hos Practikeren.

SCHREIBEN DES HRN. DR. OERSTED ZU KOPENHAGEN AN HRN. I. W. RITTER ZU JENA, CHLADNI'S KLANGFIGUREN IN ELEKTRISCHER HINSICHT BETREFFEND

MAGAZIN FÜR DEN NEUESTEN ZUSTAND DER NATURKUNDE. HERAUSGEGEBEN VON J. H. VOIGT. BD. IX. Pag. 31—32. WIEN 1805.

Kopenhagen d. 5. October 1804.

Ueber die *Chladni*'schen Klangfiguren habe ich einige Versuche angestellt, die vielleicht bedeutende Aufklärungen über die Theorie der Töne geben können. Ich glaubte bei der Hervorbringung der Klangfiguren auch elektrische Erscheinungen entdecken zu können, und wählte daher zur Bestreuung der Glasscheiben, Statt des Sandes, Semen lycopodii, in der Hoffnung, dasz dieser Staub sich an die positiv gewordenen Stellen anhängen, und von den negativen leicht abfallen würde. Das erste, was ich bei diesem Versuche bemerkte, war, dasz bei jedem Striche von dem Violinbogen, eine Menge kleiner Wellen oder Schwingungsknoten entstanden, welche alle sich gegen die gröszeren ruhenden Linien hin bewegten, und endlich in dieselben hineinfielen.

Es ist also jede Klangoscillation aus einer Menge kleinerer zusammengesetzt. Die Natur eines jeden Tons möchte also wohl mehr von dem Verhältnisse der untergeordneten Oscillationen zu der Hauptoscillation, als von der bloszen Zahl der Hauptoscillationen, abhängen. Jeder Ton wäre dann selbst eine Organisation von Oscillationen, so wie jede Musik eine Organisation von Tönen ist. Ich habe viele Versuche hierüber angestellt, und werde diese nächstens vollständig bekannt machen.

Wenn ich das Pulver wieder von den Scheiben abschütteln wollte, fand ich, dasz es an die Puncte, welche entweder in absoluter, oder relativer Ruhe gewesen waren, fester anhing, als an den übrigen Stellen. Brachte ich jetzt aber einen andern Ton hervor, so dasz eine neue Figur entstehen muszte, so wurde es lose, und liesz sich leicht abschütteln.

Auch habe ich oft durch das Coulomb'sche Elektrometer Zeichen von Elektricität an bestimmten Stellen der Scheiben gefunden; doch ist es in dieser Rücksicht so leicht zu täuschen, dasz ich dieses noch nicht für etwas ausgemachtes ansehen mag.

Die Phänomene, die man in diesen Versuchen beobachten kann, sind zahlreich und schön, und verdienen gewisz gesehen zu werden.

Oersted.

LETTRE DE MR. ORSTED, PROF. DE PHIL. A COPENHAGUE, AU PROF. PICTET, SUR LES VIBRATIONS SONORES

(BIBLIOTHÈQUE BRITANNIQUE, VOL. 30, No 240, P. 364—372. PARIS 1805)[1].

Copenhague 26 mai 1785.[2]

Mr.

L'intérêt impartial que vous prenez à tout ce qui peut accélérer les progrès des sciences, m'a fait desirer depuis long-temps d'établir quelques relations littéraires avec vous. Je m'empresse de profiter de l'occasion que m'offre un voyageur qui part pour Genève, et veut bien se charger de vous communiquer quelques résultats de mes recherches en physique. Je choisis, pour cette fois, les expériences que j'ai faites, et très-souvent répétées, sur les effets qui sont produits dans l'intérieur des corps solides pendant la propagation du mouvement. J'ai été conduit à ces recherches par les observations anciennes et modernes sur le son. Tout le monde connoît à présent la découverte intéressante du célèbre *Chladni*, qui a su produire de certaines figures, en couvrant de

---

[1] [Ce mémoire est publié en anglais dans »The philosophical magazine«. Edited by Alexander Tilloch. Vol. XXIV. P. 251—256. London 1806].

[2] [La date de 1785 est due probablement à une faute d'impression; il faut lire sans doute 1805].

sable des plaques ou lames peu épaisses, faites de métal ou de verre, et en les frottant sur le bord avec un archet. On voit le sable se mettre en mouvement par l'effet des oscillations du corps sonore, et ses grains abandonner certaines parties de la surface pour s'amonceler sur d'autres, en formant des lignes et des compartimens, tantôt bisarres, tantôt réguliers. Les lignes sur lesquelles le sable s'entasse sont sans doute les points de repos entre des portions de la surface mises en vibration par le frottement de l'archet sur son bord.

Les physiciens modernes ont cru voir dans ces curieux résultats la confirmation de l'opinion qui tend à exclure ces vibrations intestines qu'on supposoit autrefois être la cause des phénomènes du son, et à rapporter ceux-ci uniquement à ces oscillations visibles et appréciables par leurs effets mécaniques, dont l'arrangement du sable nous offre un exemple.

Il me semble cependant, qu'on a abandonné trop facilement l'hypothèse ancienne; du moins mes expériences m'ont plutôt ramené vers elle, qu'elles ne m'en ont éloigné. Voici les raisonnemens qu'elles m'ont suggéré.

On est d'accord que dans l'air, fluide éminemment élastique, une compression soudaine est suivie d'une réaction qui produit une dilatation, laquelle comprime immédiatement les parties voisines, et ainsi de suite; les effets d'une première secousse se propagent de cette manière dans une étendue indéfinie. Or, je ne vois pas pourquoi les choses ne se passeroient pas ainsi dans un solide élastique lorsqu'on lui fait produire un son. Les expériences de *Chladni*, très-curieuses d'ailleurs, ne sont pas propres à mettre en évidence les petites vibrations qui concourent à former les ondulations desquelles résultent les figures en question, et dont nous lui devons la connoissance. Le sable dont il se sert est en grains trop grossiers pour indiquer la nature du mouvement des molécules solides qui frémissent sous lui; et ce qui est pis encore, ces grains sont élastiques, ensorte qu'ils ne restent point là où ils tombent, mais vont par sauts; ce qui les empêche de suivre, et d'indiquer par conséquent, un mouvement progressif régulier, tel que celui des ondulations sonores. C'est pourquoi, en cherchant à varier ces expériences j'ai cru devoir substituer au sable une matière beaucoup plus atténuée et qui n'eût pas les inconvéniens que je viens d'indiquer. Je l'ai trouvée dans le *Semen Lycopodii* (pous-

sière de Lycopode). Lorsqu'après avoir saupoudré avec cette poussière une plaque de métal ou de verre, j'essaie de faire produire un son, à la manière de *Chladni,* je vois à l'instant la poussière se distribuer en une foule de petits monceaux réguliers, qui se mettent en mouvement vers les points où se forment les figures découvertes par ce physicien. Ils se rangent toujours sous la forme d'une courbe dont la convexité regarde le point touché de l'archet, ou vers un de ceux qui ont une situation analogue. A mesure que chacun des petits monceaux se trouve plus voisin de ces points, sa hauteur est plus considérable; ce qui donne à leur ensemble une régularité assez marquée. Les expériences de Mr. *Chladni* étonnent tous ceux qui les voient pour la première fois, par la régularité des figures qui sont produites d'un seul coup d'archet, et comme par un art magique. Les miennes n'ont pas ce charme, mais peut-être sont-elles plus instructives, à raison de la lenteur comparative de mon procédé, qui permet d'étudier mieux les effets. On voit l'intérieur des petites élévations qui se forment dans mes expériences, être dans un mouvement continuel pendant toute la durée du son. Le temps de ces vibrations, quoique très-court, est encore appréciable avec des plaques de trois ou quatre pouces de diamètre; il est plus long lorsqu'on emploie des plaques plus grandes. J'ai souvent fait usage dans ces expériences, d'un disque de métal de six pouces de diamètre: j'y ai toujours vu les petites élévations changer d'apparence dans les différentes époques de la durée du son. Il y a un moment où la hauteur augmente, un autre où elle diminue: et la poussière a l'air de s'arranger en petits globules qui roulent l'un sur l'autre: On apperçoit facilement que tous ces phénomènes sont encore très-compliqués. Le mouvement des grains est en partie vertical, en partie horizontal; le mouvement horizontal est composé de deux autres; il y a une force qui pousse le grain en avant, un autre qui le chasse aux deux côtés. J'ai voulu examiner, autant qu'il seroit possible, chacun de ces mouvemens seul et séparé des autres; voici une esquisse de ce que j'ai observé. Je tiens un carreau de verre de manière que deux ou trois de ses bords soient en contact avec mes doigts. Je frappe le bord que je ne touche pas, avec une pièce de bois bien plane, ensorte que tous les points reçoivent le choc au même instant. Dans ce cas, la poudre s'arrange en lignes parallèles au bord frappé. Ces lignes sont rarement droites: sans doute parce que ces bords ont toujours

des inégalités; les plus droites que j'aie vu avoient été produites sur une règle de fer, frappé avec une pièce du même métal, bien plane; pour que cette expérience réussisse le mieux, il faut laisser reposer le carreau ou la règle sur une table bien plane. Si je ne porte pas le choc sur tout le bord, mais seulement sur quelques-uns de ses points, il se forme d'autres lignes, parallèles à la direction du choc, et perpendiculaires au bord frappé. Ces lignes paroissent être composées d'une foule de petites élévations, moins régulières que celles qui sont produites quand on touche avec un archet les plaques couvertes de poussière. Cette expérience réussit difficilement quand on laisse reposer toute la plaque sur une table, parce que cette circonstance empêche de bien porter le coup. Enfin, si je frappe la plaque dans un sens perpendiculaire à son plan, la poussière s'arrange en petits monceaux assez réguliers. Dans le premier cas, les ondulations vont seulement en avant; dans le second, elles ont lieu à-la-fois en avant et latéralement; dans le troisième, elles se coupent en tout sens, parce que la compression qui est produite par le choc perpendiculaire au plan, doit se propager aussi bien horizontalement que verticalement. Le ton produit dans le premier cas est très-bas; celui du second est beaucoup plus élevé; mais celui du troisième est encore beaucoup plus élevé, et il est le seul qui mérite d'être appelé un ton, ou son appréciable dans l'échelle musicale.

On devoit supposer que le changement qui est produit dans les corps élastiques, par la communication du mouvement, ne pouvoit guères être borné au simple déplacement mécanique des parties, mais qu'il devoit y avoir dans cette modification quelqu'autre action plus intime. Tout frottement produit non-seulement de la chaleur, mais aussi de l'électricité. *De La Place* et *Biot* ont déjà attiré l'attention des physiciens vers le premier de ces phénomènes; je crois que le dernier en mérite encore davantage. J'ai toujours trouvé dans mes expériences, que le sable ou la poudre adhéroient beaucoup plus aux parties auxquelles les fixoit le mouvement du corps sonore qu'aux autres. J'ai très-souvent sablé de nouveau une plaque sur laquelle j'avois produit une figure; je la secouois doucement après l'avoir renversée, et je remarquois toujours que le sable, qui formoit la figure, restoit adhérent, tandis que l'autre se détachoit. L'adhérence des poussières plus fines que le sable est très-marquée. J'ai aussi découvert, à l'aide de l'électromètre

de Coulomb, des indices d'électricité dans les plaques qui avoient rendu un son; mais je n'ai pas encore assez répété ces expériences pour pouvoir en donner les détails. J'ai trouvé, à leur occasion, que les bords et les angles des corps, agissent presque toujours sur l'électromètre de Coulomb; et je me suis proposé une nouvelle série d'expériences sur cet objet. Le célèbre *Ritter*, à qui j'avois communiqué mes expériences sur le rôle que doit jouer l'électricité dans les phénomènes du son, avoit trouvé depuis longtemps que la pile électrique de *Volta* est capable de produire du son quand on en reçoit une commotion dans les oreilles. Dans un ouvrage qui va paroître, sous le titre de *System der electrischen Körper*, ce grand physicien fait voir, qu'un corps acquiert de l'électricité positive par la compression, et de la négative par la dilatation. Ainsi on peut dire qu'il y a dans chaque son autant d'alternatives d'électricité positive et négative qu'il y a d'oscillations; mais la réunion de deux électricités produit une commotion; ainsi, il y a dans un son autant de commotions électriques extrêmement foibles, qu'il y a d'oscillations. Chacune de ces commotions isolées seroit absolument insensible; mais reçues en très-grand nombre dans un temps trop petit pour qu'on puisse les distinguer l'une de l'autre, elles produisent toujours un effet sensible, surtout, parce que l'électricité positive rend l'organe plus sensible pour la négative qu'il ne l'étoit auparavant; et *vice versâ*. L'effet sensible de la réunion de toutes ces commotions insensibles est le son. J'avoue que ces idées de Mr. *Ritter* me paroissent être en opposition avec tout ce qu'on avoit pensé jusqu'à présent sur l'organe de l'ouïe, mais il faut avouer aussi que nos connoissances sur les organes des sens sont encore bien imparfaites. Il faut se garder de réfuter les hypothèses nouvelles par les anciennes. Pour le cas présent, je crois entrevoir que tous les faits connus des anciens s'accorderont très-bien avec la théorie de Mr. *Ritter;* mais pour bien étudier et apprécier cette théorie, il faut attendre qu'il ait publié toutes ses découvertes sur les sens, découvertes qui réfléchiront de la lumière les unes sur les autres. Quant à mes expériences, elles sont faciles à répéter: et ceux qui voudront s'en donner la peine y verront plus que je n'ai pu décrire, et y découvriront peut-être ce que je n'ai pas su appercevoir.

Je suis, etc.

J. C. Orsted, Dr. en Philos.

UEBER DIE ART, WIE SICH DIE ELECTRICITÄT FORTPFLANZT

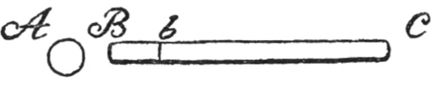
VON DR. OERSTED

(EIN FRAGMENT)

(NEUES ALLGEMEINES JOURNAL DER CHEMIE. HERAUSGEGEBEN VON A. F. GEHLEN. BD. 6. P. 292—302. BERLIN 1806)[1]

Es hat, so weit mir bekannt ist, noch Niemand versucht, in den innern Mechanismus der Fortpflanzung der Electricität einzudringen. Es mögte vielleicht auch sehr schwer seyn, das ganze Geheimnisz dieses Processes zu enthüllen: so viel ist aber gewisz, dasz sich, aus der Natur der Sache und aus mehreren bekannten Thatsachen, einige interessante Folgerungen hierüber ziehen lassen.

Die erste Wirkung eines electrisirten Körpers auf einen nicht-electrisirten ist, wie bekannt, eine electrische Polarität darin hervorzurufen. Wenn wir den electrisirten Körper mit A bezeichnen wollen, BC aber einen leitenden Cylinder bezeichnet, so erhält B die entgegengesetzte Electricität von A, C hingegen erhält dieselbe, welche A hat. Ein jeder weisz, dasz solches eine Vertheilung der Electricität genannt wird. Es ist eben so bekannt, dasz, wenn das Ende C seine Electricität verliert, die von B allein zurück bleibt, wenn man aber B mit A in Berührung setzt, so hebt sich der Gegensatz beider auf, und die gleiche Electricität von A und C bleibt übrig, welches man dann eine Mittheilung der Electricität zu nennen pflegt. Offenbar ist die Vertheilung der erste Act der Verbreitung der Electricität, die Mittheilung aber der zweite. Wir können daher auch jene Electrisirung des ersten Grades, diese Electrisirung des zweiten Grades nennen. Jene ist eine Polarisirung, diese eine Identificirung. Diese Bezeichnungen werden nun dazu dienen, der irrigen Vorstellung einer Mittheilung auch in dem Ausdrucke zu entgehen.



Die Electricität des Körpers A, kann sich unmöglich von B bis C verbreiten, ohne eine Zeit dazu anzuwenden. Um uns hierüber zu verständigen, wollen wir, nach Art der Mathematiker, uns die

[1] [In verkürzter Form auch auf dänisch in »Nyt Bibliothek for Physik, Medicin og Oeconomi«. Bd. 9. Hefte 3. P. 268—275. Kjøbenhavn 1806].

Zeit und den Raum in unendlich kleine Theile getheilt denken. Wir wollen uns ein solches Raumtheilchen durch Bb vorgestellt denken, worin, in dem ersten Zeittheilchen, eine unendlich kleine electrische Polarität erregt wird: A sey, z. B., positiv, so wird Bb an B negativ und an b positiv werden. In dem zweiten Momente wird aber A die negative Zone zu erweitern suchen, wodurch die positive ebenfalls erweitert wird, während das Positive in b, noch weiter gegen C hin, ein Negatives hervorzubringen strebt. Und so geht der ganze Processz immer weiter fort, bis das Negative sich über die vordere Hälfte, das Positive aber über die hintere Hälfte erstreckt, und die Mitte indifferent bleibt. Ein jeder wird nun leicht diesen Processz, den wir, der Darstellung wegen, als discret vorgestellt haben, als ein Continuum auffassen, und so das innere Leben, in jeder Verbreitung der Electricität, sich anschaulich machen.

Dasz der innere Mechanismus der Fortpflanzung der Electricität so beschaffen seyn müsse, wie wir es hier vorgestellt haben, liegt ganz in der Natur der Sache, so bald es nur ein Mahl angenommen ist, dasz jede Electricität ihren Gegensatz hervorruft; es dient aber dem Physiker zur gröszeren Beruhigung, wenn er seine Speculationen, von der Natur selbst, auf jedem Punkte bestättiget sieht. Wir wollen diese Bestättigungen aufsuchen.

In den guten Leitern verbreitet sich die Electricität über eine Meile, in weniger als eine Secunde Zeit. Bei diesem schnellen Laufe ist es unmöglich, die wechselnden Wogen des Positiven und Negativen durch das Electrometer zu verfolgen. In den schlechten Leitern geht es besser an. Man halte nur einen Stab aus Glas, oder Harz oder Siegellack, einem electrisirten Körper gegenüber, und untersuche ihn nachher durch das Electrometer: man findet abwechselnde Zonen der entgegengesetzten Electricitäten. Der Versuch ist jedem Physiker bekannt. Es braucht wohl kaum erinnert zu werden, dasz wir nicht meinen, in diesem Versuche jene unendlich kleine Abwechselungen des Positiven und Negativen, wovon wir oben sprachen, dargestellt zu haben, vielmehr haben wir uns so über dieselben erklärt, dasz wir keine Hoffnung haben können, sie je in der Erfahrung zu finden; es sind aber die hier aufgezeigten Abwechselungen Wiederholungen desselben Schema im Groszen. Es wäre sogar möglich, die Grösze und Beschaffen-

heit dieser Zonen mathematisch zu berechnen, wenn es nöthig seyn sollte.

Dasz wir diese Verbreitungsart der Electricität in allen schlechten Leitern auf eben die Weise verfolgen, und dasz wir sie z. B. in der Luft aufweisen können, ist bekannt genug. Wir sind also schon mehr berechtiget, die Fortpflanzung der Electricität als undulatorisch zu betrachten. Es stehen uns aber noch andere Experimentalbeweise zu Gebote. Wir können zwar nicht durch das Electrometer die schnelle Verbreitung der Electricität in den guten Leitern verfolgen; oft aber hinterläszt sie Spuren, und hier entdecken wir allezeit die Bestättigung dessen, was wir vorher gefunden. Man versuche nur einen langen Eisendraht mit einer schwachen Ladung der electrischen Batterie zu schmelzen. Man wird bald erfahren, dasz nur einige Theile schmelzen, andere unversehrt bleiben, und dasz geschmolzene und ungeschmolzene Theile mit einander abwechseln. Wendet man eine stärkere Ladung an, so schmilzt zwar der Draht seiner ganzen Länge nach, aber in Perlen: mit abwechselnden expandirten und contrahirten Zonen. Man kann auch noch einen Mittelgrad der Ladung finden, da das Metall glühet, ohne zu schmelzen. Auf einem solchen Drahte findet man sehr deutliche Abwechselungen von ausgedehnten und zusammengezogenen Zonen. Alle diese Versuche sind schon den meisten Physikern bekannt, und sind die stärksten Beweise für die undulatorische Verbreitung der Electricität.

Treibt man aber die Ladung der Batterie bis auf den Punkt, dasz sich der Metalldraht in Dampf verwandelt, und stellt man den Versuch so an, dasz der entstehende Metalldampf zum Theil sich auf ein Stück reines Papier niederschlagen kann, so erhält man ein fast ganz vollständiges Bild der Fortpflanzung der Electricität, welches — eine Dampfwolke mit regelmäszig abwechselnden Expansionen und Contractionen — für sich selbst spricht. Sogar die Dichtigkeit des Dampfes, wie auch oft die Farbe desselben, wechselt so regelmäszig ab, dasz wir eigentlich darin eine colorirte Abbildung der oscillatorischen Verbreitung der Electricität haben. Dasz dieses alles nicht Zufall ist, sieht man aus der Beständigkeit des Phänomens. Man stelle nur den Versuch an, so oft, und mit welchen Metallen, man will; man wird nie eine Ausnahme finden. Oder will man sich die Mühe ersparen, so werfe man nur einen Blick auf die zahlreichen und sehr getreuen Abbildungen, worin *van Marum* diese

Versuche dargestellt hat. Die Regelmäszigkeit der Bilder läszt sich noch auf eine andere Weise sehen. Wenn die Electricität blosz ausdehnend auf den Draht wirkte, so müszten alle Dampfwolken parallel mit einander seyn und gerade, weil aber jeder Conductor auf das ihm nächste Ende des Drahtes repellirend wirkt, so müssen die Dampfwellen, an beiden Enden, von zwei sich senkrecht schneidenden Kräften getrieben, der Diagonale derselben folgen, oder richtiger, weil die Kräfte continuirlich und ungleich wirken, eine krumme Linie bilden, deren Concavität dem Drahte zugekehrt ist. Je länger eine Dampfwelle von einem der Conductoren entfernt ist, je weniger wird die mit dem Drahte parallel gehende repellirende Kraft darauf wirken können, und ihre Lage wird sich daher mehr und mehr der auf dem Drathe senkrechten Richtung näheren. In dem mitleren Theile des Drathes aber musz ein vollkommenes Gleichgewicht der abstoszenden und anziehenden Kräfte der Conductoren seyn, und daher wird die Lage der Dampfwolke daselbst vollkommen auf dem Drathe senkrecht seyn.

Dieses alles wird nicht so deutlich gesehen, wenn die Kraft, die zur Verdampfung der Metalle angewandt wurde, unverhältniszmäszig grosz war: alsdenn nämlich beuget sich das Bild in einem Zikzak, wo aber doch in jeder Abtheilung deutliche Spuren der oben beschriebenen Ordnung sich zeigen.

Wollen wir noch ein Zeugnisz? Wir brauchen blosz den electrischen Funken zu betrachten. Stehen die Conductoren, zwischen welchen der Funken spielt, einander nahe genug, so bemerkt man nichts weiter, als dasz er an seinen beiden Enden ungleich gefärbt, an dem einen roth, an dem andern bläulich, hingegen die Mitte weisz ist; stellt man aber die Conductoren weiter auseinander, so sieht man dieselben Farben sich öfter wiederholen, als eben so viele Abwechselungen worin bald das Positive, bald das Negative die Oberhand hat.

Alles was hier von der Verbreitung der Electricität gesagt worden, gilt auch von der des Magnetismus. Die Wirkung des Magnetes fängt auch mit einer Polarisirung an, und musz daher, aus denselben Gründen, wie die Electricität, sich undulatorisch verbreiten. Auch musz daselbst eine polarische Zone, unter gewissen Bedingungen, ihr Maximum der Ausdehnung erreichen, und dann eine zweite hervorbringen. Die Erfahrung bestättiget dieses ebenfalls, denn wenn man einen langen dünnen Stahldrath magnetisirt,

so erhält er abwechselnde Nord- und Südpole, seiner ganzen Länge nach. Wir brauchen überhaupt nur uns die Operation des Magnetisirens recht deutlich zu denken, um die Verbreitungsart des Magnetismus einzusehen: denn was ist es, wenn wir den Pol eines Magneten über ein Stück Eisen hinführen, anders, als die beide Pole vor sich hertreiben, so dasz der Theil, der eben + M hatte, jetzt — M bekommt, wie eine Welle auf dem Meere ein Thal vor sich vernichtet, indem sie hinter sich eins eröffnet.

Dieser Mechanismus der Fortpflanzung der Wirkungen durch Undulation, ist gewisz allgemein in der ganzen Natur, nur ist es überhaupt schwer, ihn aufzuweisen. In der innern Fortpflanzung der Bewegung durch die Körper läszt er sich doch aufweisen. Man hat schon lange eingesehen, dasz auf die Zusammenpressung eines Lufttheilchens eine Ausdehnung folgen müsse, wodurch die benachbarten Theile zusammen gedrückt werden, welche, sich wieder erweiternd, andere zusammen drücken müssen, und so ferner. Auf diese Weise, ward angenommen, pflanze sich der Schall in der Luft fort. Doch scheint man nicht denselben Mechanismus auch in der Fortpflanzung des Schalles durch feste Körper angenommen zu haben. Wenigstens eifern fast alle Physiker, seit den Entdeckungen des berühmten *Chladni*, gegen die Annahme einer Zitterung der kleinsten Theile bei der Hervorbringung des Tons. Doch ist nichts leichter, als die Nothwendigkeit dieser Zitterungen aus der Natur der Sache einzusehen, und das Dasein derselben durch Versuche zu beweisen. Ueber das Theoretische können wir hier sehr kurz seyn; denn, derselbe Grund der für die undulatorische Verbreitung des Schalles durch die Luft gilt, gilt auch für alle Körper, weil auch in ihnen die Bewegung sich nicht ohne Zeit forpflanzen kann, und also nicht alle Theile zugleich auf dieselbe Weise afficirt werden können. Will man sich durch Erfahrung hievon überzeugen, so bepudere man nur einen auf beyden Endpunkten ruhenden dicken Eisendrath, mit Hexenmehl (Lycopodium) und schlage schnell, aber nicht gewaltsam, darauf; man wird das Pulver sich in kleine Hügel vertheilen sehen, welche längs dem Drathe eine Linie bilden werden. Die, welche sich den erschütterten Punkten am nächsten gebildet haben, sind am grösten, die andern sind kleiner, im Verhältnisz ihrer Entfernung. Man kann diesen Versuch, im Wesentlichen, noch einfacher machen. Eine viereckige Glas- oder Metallscheibe, mit genau geradlinigen Rändern kann hierzu dienen. Die Oberfläche

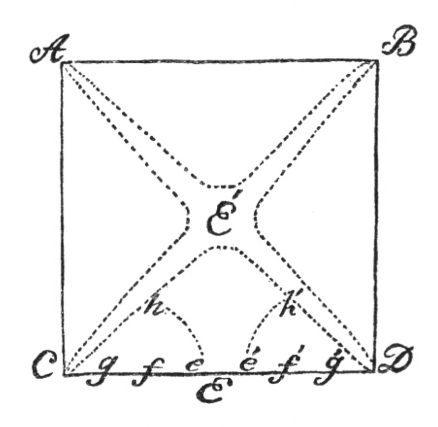
derselben wird mit Hexenmehl bepudert, worauf man sie so fasset, dasz man zwei der entgegengesetzten Ränder mit den Fingern berührt, während man die beiden andern frei läszt. Nun klopft man mit der Kante eines Stücks Holz oder dergl. auf die Mitte eines der unberührten Ränder, und bald wird sich das Pulver in Linien vertheilen, welche mit der Richtung des Schlages parallel sind. In diesen Linien kann man abermals verschiedene Erhöhungen und Vertiefungen unterscheiden. Schlägt man aber mit einem abgehobelten Brette, oder einem andern flachen Körper, auf ein Mahl, gegen einen ganzen Rand, so wird sich das Pulver in Linien ordnen, welche mit dem geschlagenen Rande parallel sind. Diese Linien aber sind mehr oder weniger wellenförmig, je nachdem der Rand mehr oder weniger genau auf allen Punkten getroffen wird. Klopft man aber auf eine der Flächen selbst, so entstehen eine Menge kleiner Hügel. Diese sind ohne Zweifel Resultate einer zusammengesetzten oscillatorischen Bewegung, nämlich einer progressiven, und einer auf- und abwärts gehenden.

Hält man aber die Scheibe so, dasz man nicht die Ränder berührt, sondern nur einen sehr kleinen Raum auf jeder Fläche mit den Fingern bedeckt, und dann darauf klopft, so entstehen nicht allein solche Hügel, sondern auch ein Klang.[1] Die Hügelchen aber bewegen sich alle so, dasz sie am Ende zusammenkommen, und eine *Chladni*'sche Figur, wenngleich etwas unvollkommen, bilden.

Nun verfahre man aber ganz, wie, wenn man eine *Chladni*'sche Figur hervorbringen wollte, nur dasz die Scheibe mit Hexenmehl, nicht mit Sand bestreut sey, und man wird die Figur ganz langsam vor seinen Augen entstehen sehen. Beim ersten Striche mit dem Bogen bilden sich gleich die Hügelchen und diese, als eben so viele kleinere Schwingungsknoten, bewegen sich hin zu dem Orte, wo sich die gröszeren bilden. Man stelle sich z. B. vor, dasz die viereckige Scheibe *ABCD* in *E* gestrichen würde, so werden sich gleich Hügelchen in *e*, und *e*' erheben, wie auch in *f*, *f*', *g*, *g*' u. s. w. Diese Hügelchen werden sich aber schneller in *e* und *e*' als in *f* und *f*', schneller in *f* und *f*' als in *g* und *g*' bewegen. Der Staub in dem Punkte *E*, und alles, was in der Linie *EE*' liegt, wird gerade aus, gegen *E*' getrieben. Was aber in *e* und *e*' liegt, wird schon durch zwei Kräfte, in der Richtung *EC* oder *ED* und *EE*' bewegt, und beschreibt daher die krummen Linien *eh* und *e'h*', so wie alle übrige

[1] Bei den andern Versuchen entstehet nur ein dumpfer Schall.

Punkte ähnliche Linien beschreiben. Auf diese Art wird die krumme Linie *CE'D* beschrieben, und weil jedes andere Viertheil der Scheibe *AE'C, AE'B, AE'D* mitzittert, so entstehen eben so viele dergleichen krumme Linien, welche zusammen ein Kreutz, oder einen Stern zu bilden scheinen. Es ist aber zu bemerken, dasz nicht die ruhenden Linien durch die angehäufte Staubmasse bezeichnet, sondern von ihnen eingeschlossen werden. Dieses kann aber nicht auf die gewöhnliche Weise, durch aufgestreuten Sand, gezeigt werden, denn der Sand ist elastisch, und dessen Partikelchen zu grosz, so dasz jedes Theilchen herumhüpfen musz, bis es einen bereiten ruhigen Platz gefunden hat. Wenn man ein Paar Sandkörner auf eine Glasplatte streuet, und diese mit dem Bogen anstreichet, so wird man dieses gleich bestättiget sehen. Die Staublinien und die ruhenden Linien (Knotenlinien) dürfen daher nicht mit einander verwechselt werden.



Von den Knotenlinien fällt der Staub, nach dem Versuch, sehr leicht, bei einer kleinen Erschütterung, ab; von den Staublinien ist er sehr schwer abzubringen. Es scheint daher eine Art von Electricität, durch das Biegen und Zurückbiegen, hervorgebracht zu werden, welche in den Knotenlinien ohne Zweifel negativ ist, in den Staublinien aber positiv, weil das negative Hexenmehl daselbst angezogen wird. Was *Ritter* über diese Materie in *Voigt's* Magazin gesagt hat, wird wahrscheinlich allen Physikern kekannt seyn.

CORRESPONDENZ

(NEUES ALLGEMEINES JOURNAL DER CHEMIE. HERAUSGEGEBEN v. A. F. GEHLEN. BD. 6. P. 500—502. BERLIN 1806)[1]

Copenhagen d. 4. März 1806.

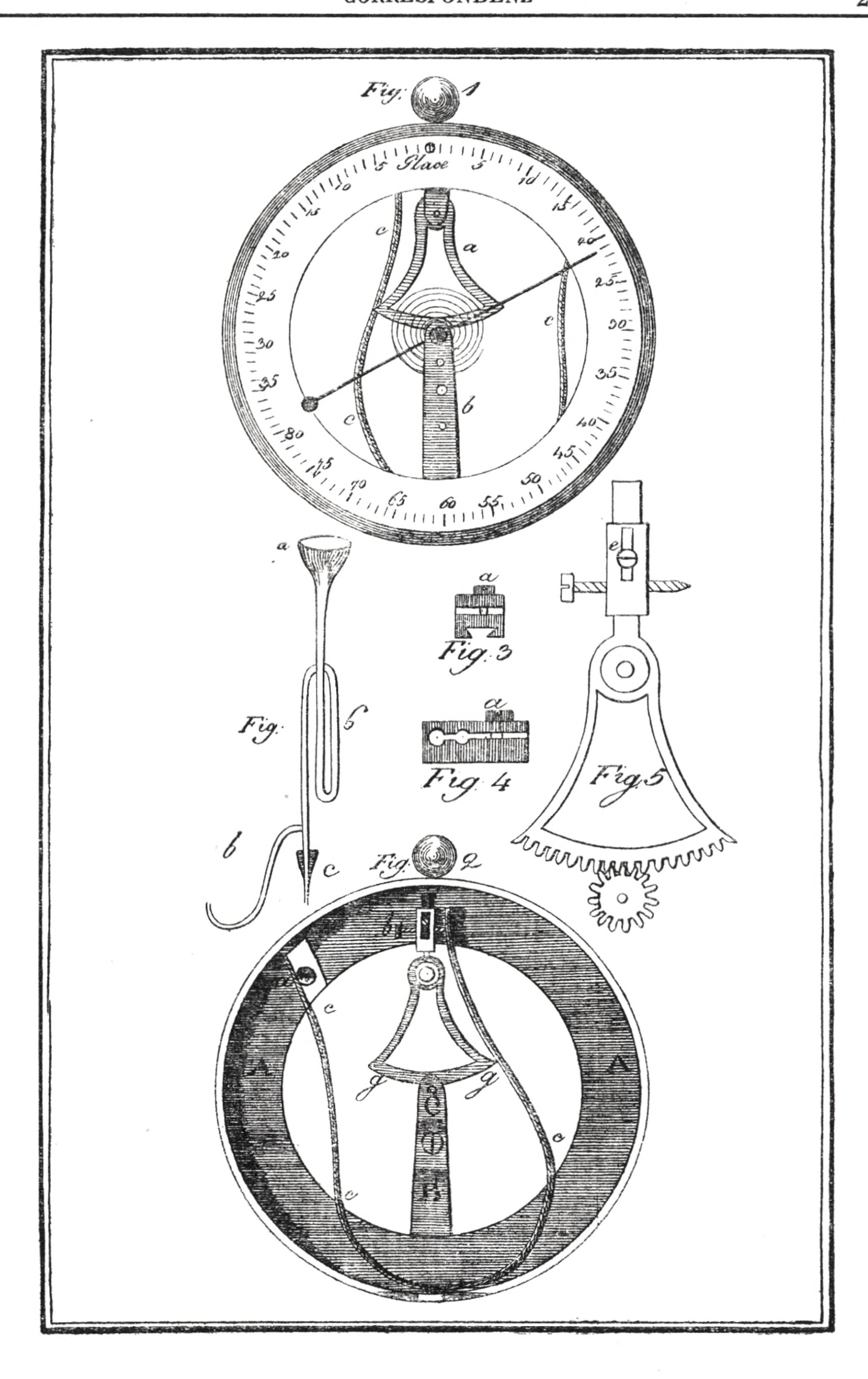
V*olta's* Behauptung, dasz die Ladungssäule blosz von den, während der Ladung hervorgebrachten Alkali- und Säureschichten herrühren sollte, läszt sich nicht mit den Versuchen vereinigen, selbst wenn es wahr wäre, dasz zwei geladene Metalldräthe durch

[1] [Man findet diese Abhandlung auch in ›Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle.‹ Tome 62. P. 369—75. Paris 1806.]

Abwaschen im Wasser ihre Kraft verlören, welches ich aber zu bezweifeln wage. Wäre es aber auch wahr, sage ich, so muszte dieses von irgend einer andern Eigenschaft der electrischen Ladung herrühren, denn, wenn man mehrere, durch Metalldräthe verbundene Wasserröhren mit einer galvanischen Säule in Verbindung setzt, sie aber nach einigen Minuten wieder davon trennet, so wirken die äuszersten Drähte eines solchen Röhrenapparats galvanisch, auch nachdem man das Wasser darin mehrmals geschüttelt hat. Die Drähte können bei diesem Versuche aus Platin seyn, wo keine Oxydation des Metalls statt findet. Ich habe sehr oft zwey Platindrähte zwischen alkalinischen Schichten, die mit der Säule in Verbindung standen, geladen, darauf sie sorgfältig abgetrocknet, und sie doch sehr wirksam gefunden. Mit solchen geladenen Drähten wurden oft sehr viele Versuche nach einander, auf Frösche und auf der Zunge gemacht, und die Drähte oft abgewischt, ohne dasz sie ihre Kraft verloren. Ohnedies muszte in diesen Versuchen an beiden Drähten so viel Alkali seyn, dasz die Wirkung der hervorgebrachten Säure durchaus unbedeutend seyn muszte. Ich habe in diesem Augenblicke keine Frösche, daher kann ich den *Volta*ischen Versuch nicht wiederholen, sobald es aber möglich ist, soll es geschehen.

Die Beschreibung und Zeichnung des Thermometers, welches *H. Jürgensen* hieselbst erfunden hat, habe ich Ihnen erst jetzt mittheilen können. Es ist natürlich, dasz das Prinzip darin nicht neu seyn kann, die Form aber, und besonders der innere Mechanismus scheint mir sehr vorzüglich. Von auszen hat es ganz die Form einer Uhr und ist daher sehr tragbar. Diese Form hat es aber doch mit mehreren in der Schweiz verfertigten gemein. Die Art aber es zu reguliren, die Form der Feder, und mehr dergleichen hat es ganz für sich. Die ganz besonders sorgfältige Ausführung, wie es aus seinen Händen kommt, ist noch eine Empfehlung mehr.

Das wesentlichste Stück dieses Thermometers ist eine gekrümmte Feder (Fig. 2. *accc*), welche aus Messing und Stahl so zusammengelöthet ist, dasz jenes die innere dieses die äuszere Krümmung ausmacht. AA ist der Ring woran das Ganze befestigt ist. *b* ist eine Schraube, auf deren Spitze, wie in der Figur zu sehen, das eine Ende der Feder wirken kann. Durch die Wärme wird sich die innere Krümmung mehr ausdehnen als die äuszere, wodurch die Krümmung der ganzen Feder offenbar geringer wird, so dasz


Fig. 1
Glace
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6

sie weniger auf jene Spitze der Schraube wirkt. Die Kälte bewirkt eben das Gegentheil. Aus der Figur wird man nun leicht verstehen, wie der gezähnte Cirkelbogen *gg*, welcher Fig. 5 im Groszen abgebildet ist, durch die veränderte Krümmung der Feder, seine Lage verändern musz, und dadurch das gezähnte Rad C (Fig. 2), welches aber nur in Figur 5 zu sehen ist, umdrehet. Auf diesem Rade ist nun der Zeiger befestigt, wie in der ersten Fig. dargestellt ist. Die Eintheilung der Grade ist leicht zu verstehen. Wie die Schraube *b* hin und her geschoben wird, so vermehrt oder vermindert sich auch der Druck der Feder, und dieses dient zur Regulirung des Instruments. Durch die Schraube *e* (Fig. 5), ist es aber möglich den Wagebalken, worauf die Feder wirkt zu verlängern oder zu verkürzen, indem der Schieber worin die Schraube befestigt ist, hin und her geschoben wird. Hierdurch wird das Thermometer willkührlich mehr oder weniger sensibel gemacht. Fig. 3 zeiget den Schieber von Vorne, Fig. 4 aber von der Seite.

Die Spiralfeder, welche Fig. 1 um den Zeiger zu sehen ist, stehet mit dem Getriebe, welches den Zeiger umdrehet, in Verbindung, und ist ganz so lebhaft, wie ähnliche Spiralfedern in den Uhren. Sie dient dazu die Schraube *b* (Fig. 2) beständig gegen die grosze Feder anzudrücken.

Es ist offenbar genug, dasz dieses Thermometer als Reisethermometer weit den gewöhnlichen, so leicht zerbrechlichen, vorzuziehen ist. Auch ist es sehr angenehm und nützlich, dasz die Grade so scharf abgeschnitten werden, dasz man nie über einen Zehntheil mehr oder weniger in Zweifel seyn kann. Es ist daher auch gewisz als meteoroskopisches Instrument sehr zu empfehlen. Es wåre auch leicht so einzurichten, dasz es seinen Gang selbst beschriebe; es ist zwar nicht sehr sensibel: dieses kommt aber von der blanken Fläche her. Der Künstler wird sie daher künftig schwarz anlaufen lassen. Um in den Ländern, wo das Quecksilber oft gefriert, woher wir nicht viele thermometrische Versuche haben, Observationen anzustellen, wäre dieses Instrument auch vorzüglich geschickt. Ein längerer Gebrauch wird uns näher mit den Vortheilen und Mängeln desselben bekannt machen.

Oersted.

VERSUCHE, VERANLASZT DURCH EINIGE STELLEN IN WINTERL'S SCHRIFTEN

VON H. C. OERSTED

(JOURNAL FÜR DIE CHEMIE UND PHYSIK. HERAUSGEGEBEN v. A. F. GEHLEN. BD. I. P. 276—294 BERLIN 1806)[1]

1. Bisher hat man *Winterl's* Schriften nichts als Behauptungen, Hypothesen, und von Versuchen nur solche, deren Oberflächlichkeit gleich in die Augen fallen muszte, entgegen gesetzt. Auch haben die Arbeiten dieses berühmten Forschers eben nicht zu vielen neuen Versuchen, welche seine Lehre bestätigen, erweitern, oder einzelne Sätze derselben näher bestimmen könnten, Veranlassung gegeben.[2] Ich hatte mir schon früh die Pflicht auferlegt, zu diesem Zwecke beizutragen, indem ich *Winterl's* Arbeit mit so vieler Wärme zur Untersuchung empfahl; allein Anfangs hinderte mich daran meine wissenschaftliche Reise, und hernach beschäftigte ich mich mit andern experimentalen Arbeiten, zu welchen Umstände mich veranlaszten. Indessen habe ich doch zu verschiedenen Zeiten auch über *Winterl's* Ideen Versuche gemacht, und bei meinen Untersuchungen beständig Rücksicht auf dieselben genommen. Oft gaben mir diese Arbeiten Veranlassung, Meinungen zu berichtigen, oft boten sie mir ganz neue Bemerkungen dar. Ich hatte gehofft, bald ein zusammenhängendes Ganzes aus diesen vielen einzelnen Theilen zu erhalten; allein je weiter ich fortschreite, je mehr ich mich meinem Ziele zu nähern scheine, desto mehr werde ich überzeugt, dasz es nur langsam zu erreichen ist. Aus dieser Ursache habe ich beschlossen, die merkwürdigsten meiner Versuche, zwar fragmentarisch, doch mit dem Ganzen vor Augen, bekannt zu machen. Es versteht sich, dasz jeder Versuch, den ich erzähle, oft wiederholt, und besonders die Hauptversuche sorgfältig geprüft worden sind.

I. Ueber das Verhalten der Säuren gegen kohlensaure Alkalien.

2. Unter den Versuchen, Andronia aus Potasche zu erhalten, giebt *Winterl* an, dasz man das Alkali mit Kohlensäure sättigen,

---

[1] [Man findet diese Abhandlung auf Dänisch in »Nyt Bibliothek for Physik, Medicin og Oeconomie.« Bd. 9. Hefte 3. P. 229—252. Kjøbenhavn 1806.]

[2] Herr *Jacobsen* ist der Einzige, der (N. allg. Journ. der Chemie, Bd. 6. S. 605 fg.) in dieser Rücksicht eine zusammenhängende Reihe von Versuchen geliefert hat. O.

und zu der Saturation eine verdünnte Säure so langsam zusetzen soll, dasz keine Luftentwickelung dabei Statt findet. Da eine solche Vereinigung, einer Säure mit einem kohlensauren Alkali, ohne Luftentwickelung, bisher nicht genauer untersucht worden, so stellte ich hierüber eine Reihe von Versuchen an.

3. In ein nicht allzu enges Cylinderglas gosz ich eine Kaliauflösung, und liesz darauf, mit Hülfe eines mit einem Filtrum versehenen gläsernen Trichters, verdünnte Salzsäure tropfenweise hinein fallen, so dasz sie mitten auf die Oberfläche der Kaliauflösung, und mit der möglichst geringsten Fallhöhe fiel. In dem Augenblicke, da der Säuretropfen die Auflösung berührte, entwickelten sich einige wenige Luftblasen, darauf kräuselte sich die Flüssigkeit von der Oberfläche abwärts, so wie es Statt findet, wenn sich sonst zwei Flüssigkeiten vermischen; etwas unter der Oberfläche zeigten sich wieder einige wenige Luftblasen, und hierauf ging die Wallung aufwärts. Bald kam eine ganze Lage Säure über der Auflösung zu stehen. Wenn ich nun alles ruhig liesz, so bemerkte man beinahe gar keine Luftentwickelung: die wenigen Luftblasen, die aufstiegen, kamen von den Stellen, wo die Berührungsfläche der Säure und des Alkali ans Glas stiesz; aber auch diese Wirkung wurde nur bei den ungleicheren Stellen des Glases bemerkt. Nach und nach nahm der Umfang der obersten Lage zu, und endlich wurde alles vermischt. Nun stiegen wohl einige Luftblasen vom Boden auf, aber einem lebhaften Aufbrausen sah dieses so wenig ähnlich, dasz es eher den Luftentwickelungen, welche schwache galvanische Batterien im Wasser hervorbringen, glich. Die Kaliauflösung sowohl als die Salzsäure können bald mehr, bald weniger verdünnt seyn; man beobachte nur, dasz die erste ein gröszeres specifisches Gewicht habe. Gleichfalls musz bemerkt werden, dasz die ganz concentrirte Salzsäure, indem sie auf die Oberfläche der Kaliauflösung fällt, ein zu lebhaftes Aufbrausen hervorbringt, um nicht die ganze flüssige Masse aufzurühren, wodurch der Versuch unmöglich gemacht wird. Dieser Versuch ist oft mit Materialien von ungleicher Reinheit wiederholt worden. Zu verschiedenen Wiederholungen wurde eine Kaliauflösung genommen, die in der Kälte mit Kohlensäure gesättigt war, und die man von allem Kiesel befreit glauben konnte. Zuweilen habe ich auch das gewöhnliche mit Kohlensäure unvollkommen gesättigte Kali angewandt. Vor-

züglich in die Augen fallend kann dieser Versuch gemacht werden, wenn man die Säure roth und das Alkali mit Veilchensaft grün färbt. Etwas Neues lehrte mich der auf diese Art abgeänderte Versuch indessen nicht.

4. Derselbe Versuch wurde auch mit andern Säuren und Alkalien vorgenommen: mit Kaliauflösung wurde auch Salpetersäure, Schwefelsäure und Essigsäure versucht; kohlensaures Natron mit Salzsäure, Schwefelsäure und Essigsäure zusammengebracht; kohlensaures Ammonium wurde mit Salzsäure und Salpetersäure vermischt. Alle diese Versuche gaben dasselbe Resultat. Zuweilen wurde über die alkalische Auflösung eine Lage Wasser gegossen, und der Trichter gerade mit dessen Oberfläche in Berührung gesetzt. Alsdann sah man nicht leicht eine Blase beim Falle der Säure aufsteigen.

5. Dieser hier angeführte Versuch wurde auch umgekehrt: eine sehr verdünnte Auflösung des kohlensauren Kali wurde tropfenweise zu der verdünnten Säure gegossen. Dieses Experiment gab dasselbe Resultat wie vorhin, dasz sich nämlich nur im Augenblick des Falles, und an den Stellen, wo beide Materien vermischt in Berührung mit dem Glase standen, Luft entwickelte. Ein ähnlicher Versuch zeigt sich sehr schön, wenn man Wasser über concentrirte Schwefelsäure gieszt, so dasz es sich nicht damit vermischt, und dann eine Auflösung des kohlensauren Kali, von einer jedoch nicht merklichen Höhe, auf die Mitte der Oberfläche der Säure tropfenweise fallen läszt: man sieht kaum einige wenige Luftblasen sich entwickeln.

6. So bald ich hingegen die Säure so ins Alkali, oder das Alkali in die Säure fallen liesz, dasz sie, während sie sich vermischten, das Glas berührten, so entstand ein starkes Aufbrausen.

7. Es schien also, dasz eine Säure keine Luftentwickelung aus einem kohlensauren Alkali hervorbringen könnte, wenn nicht die Vermischung beider in Berührung mit einem festen Körper steht. Ich vermischte demnach neuerdings eine Säure mit einem Alkali auf die oben (3) angeführte Art, dasz nämlich keine Luftentwickelung Statt fand. So bald ich nun einen festen Körper, z. B. einen Platindraht, eine Glasstange, ein Stück Siegellack, eine Schreibfeder darin eintauchte, so wurde alsbald Luft entwickelt, die sich in vielen

kleinen Blasen an den festen Körper setzte, und von da aus entwickelt wurde. So bald der feste Körper herausgenommen wurde, so hörte das Aufbrausen auf, das aber sogleich aufs neue anfing, wenn man ihn wieder hineinstellte. Selbst mehrere Stunden nach der Vermischung beider Körper fand dieser Umstand Statt. Der Versuch gelang bei allen in 3—6 angeführten Mischungen.

8. Auf den scharfen Kanten des festen Körpers zeigten sich die Luftblasen in vorzüglicher Menge; man beobachtet dieses sehr leicht, wenn man ein Messer mit breiter Klinge hineinstellt. Die allerkleinsten, beinahe unsichtbaren, festen Körper, die in der Mischung schwimmen mögen, geben eine Luftentwickelung, die man von der Flüssigkeit selbst herrührend hält. Erst entdeckte ich dieses zufällig, hernach wiederholte ich es vorsetzlich, unter andern mit kleinen Stückchen Blattsilber, und mit sehr kleinen Stückchen feinen Platindraht, die zwar erst sanken, aber gleich mit so vielen kleinen Luftblasen besetzt wurden, dasz sie wieder in die Höhe stiegen.

9. Es war also durch viele und abgeänderte Versuche bewiesen, dasz keine Luftentwickelung in einer Mischung von Säure und kohlensaurem Alkali Statt findet, auszer in so weit, als dieselbe in Berührung mit einem festen Körper steht.[1] Eine Hypothese bot sich sehr natürlich dar, die, wie wenig ich auch geneigt war, sie anzunehmen, doch eine Untersuchung verdiente. *Rumford* behauptet bekanntlich, dasz die flüssigen Körper Isolatoren für die Wärme sind, und seine Versuche zeigen sie wenigstens als sehr schlechte Wärmeleiter. Man könnte also die Vermuthung hegen, dasz die flüssigen Körper, aus Mangel an Wärmeleitungsfähigkeit, der Kohlensäure das Wärmeprincip, welches zu deren Gasform für nöthig angesehen wird, nicht zuführen könnten.

[1] Ganz ähnliche Beobachtungen machte ich in den, Behufs der Darstellung der Andronia im Frühjahr 1805 mit Herrn Dr. *Schuster,* auf die oben in 2 bemerkte Art, angestellten Versuchen, zu deren, und anderer, Vollendung meine Verhältnisse mir bis jetzt nicht die Zeit und die nöthigen Hülfsmittel gaben. Ich bemerke hier nur, was auch schon bei aufmerksamer Lesung von Herrn *Oersted's* Versuchen zur Genüge zu finden ist, dasz die nöthige Verdünnung der Säure und des kohlensauren Kali nicht so grosz gewesen sey, dasz, wie Einem oder Andern vielleicht einfallen könnte, die entbundene Kohlensäure von der im Spiel befindlichen Menge von Wasser unter andern Umständen hätte aufgenommen werden können. In einem unserer Versuche war es artig, die Rolle der von Herrn *Oersted* gebrauchten festen Körper durch einige in der, in eine erkältende Mischung gestellten, neutralisirten Flüssigkeit entstandene Eiskrystalle spielen zu sehen, wobei die übrige, natürlich, ungefroren blieb. G.

Könnte diese Hypothese durch Versuche eine weitere Bestätigung erhalten, so würde sie ein neues Licht auf die Theorie des scharfsinnigen *Rumford* werfen, ja vielleicht auch einen auffallenden Beweis für deren Richtigkeit, in ihrer vollen Ausdehnung, abgeben.

10. Wäre die angegebene Hypothese richtig, so würde es wahrscheinlich seyn, dasz der feste Körper der Kohlensäure das nöthige Wärmeprincip zuführte; er sollte also in dem Grade, wie an seiner Oberfläche Luft entwickelt wird, von seinem Wärmeprincip verlieren, oder erkältet werden. Ich setzte deshalb ein Thermometer in eine Mischung von kohlensaurem Kali und Salzsäure: alsobald entwickelte sich eine Menge Luftblasen an dessen Kugel und einem Theile der Röhre und es stieg merklich. Während der Zeit, dasz ich mich mit Wiederholungen dieses Versuchs beschäftigte, wechselte der Wärmegrad der Luft zwischen 12^0 und 14^0 R., und gewöhnlich stieg das Thermometer etwas über $1\,^1/_2\,^0$, wenn es aus der Luft in die Mischung gebracht wurde. Ich erhielt also das entgegengesetzte Resultat von dem erwarteten. Der Versuch wurde oft in Gegenwart mehrerer Personen, mit verschiedenen Säuren und Alkalien, mit verschiedenen Thermometern, unter stets gleichem Erfolg wiederholt, so dasz hierbei keine Täuschung Statt gefunden haben kann.

11. Indessen war die auf *Rumford's* Meinung gebaute Hypothese hierdurch nicht ganz widerlegt; denn die Erfahrung lehret, dasz Alkali und Säure bei ihrer Vereinigung Wärme entwickeln. Die Ursache davon kann hier gleichgültig seyn. Nun wird weiter mit *Rumford* angenommen, dasz ein flüssiger Partikel wohl einem festen, und ein fester einem flüssigen, Wärme mittheilen, dasz aber im Gegentheil ein flüssiger einem andern flüssigen nicht denselben Dienst leisten könne. Der feste Körper nimt also von einigen flüssigen Partikeln Wärme an, und theilet andern wieder davon mit, doch nimt er in diesem Falle mehr an, als er abgiebt, deswegen steigt das Thermometer. Um dieses zu prüfen, setzte ich ein Cylinderglas, welches eine Mischung von kohlensaurem Alkali mit einer stärkern Säure enthielt, in ein etwas gröszeres Glas mit Wasser. Es fand keine merkliche Luftentwickelung Statt: das im äuszern Glase enthaltene Wasser nahm an Wärme zu, bis es einen gewissen Punkt erreicht hatte, z. B. $14\,^1/_2\,^0$, wenn die der Atmosphäre 13^0 war; dann stieg das Thermometer nicht höher darin. Hierauf

wurde letzteres in die Mischung gebracht, wo es gleich mit Luftbläschen besetzt wurde, die sich bald darauf losrissen und stromweise aufstiegen: es fiel aber ganz und gar nicht, schien sogar einige Mahl ein wenig zu steigen, allein so wenig, dasz ich mich leicht getäuscht haben kann. Ich umwand hierauf die Kugel des Thermometers mit Silberdraht, wodurch die Luftentwickelung bedeutend befördert wurde, aber es blieb doch auf demselben Grade stehen. Das Cylinderglas, welches die Auflösung enthielt, hatte verschiedene Blasen, von welchen die Luft häufig in Strömen aufstieg; ich hielt deswegen die Kugel des Thermometers von auszen gegen diese Stellen, es zeigte sich aber keine Temperaturveränderung. Der Versuch wurde oft wiederholt, auch mit der Abänderung, dasz die Säure und das Alkali, nachdem sie über einander gegossen waren, schneller vermischt wurden. Dessen ungeachtet wurde die Luftentwickelung nicht bedeutend, da nur so wenig flüssige Theile in Berührung mit den Seiten des Glases standen; die Temperaturerhöhung war auch nicht merklich gröszer als vorher, und das Thermometer stand gleich hoch in der Mischung und im Wasser, welches sie umgab; nur in dem Augenblicke der heftigsten Luftentwickelung stand es in der Mischung zuweilen um $^1/_4$ Grad höher.

12. Mehr als Zusatz denn zur Bestärkung theile ich noch folgende zwei Experimente mit. Ich tauchte meinen Finger erst in das Wasser, welches die Vermischung auswendig umgab, um dessen Temperatur zu bemerken, und brachte ihn hierauf in die Mischung selbst. Es entwickelte sich sogleich Luft an dem Finger, aber Temperaturveränderung konnte ich nicht bemerken. Hierauf tauchte ich meine Zunge in die Mischung, und sah in einem Spiegel, dasz sie mit Luftblasen besetzt wurde. Ich hatte hierbei einen sehr merklichen Geschmack von Champagnerwein. Nichts ist auch natürlicher, da die Gährung des Champagnerweins vor ihrer Vollendung abgebrochen worden ist, und er deswegen gleich Luft zu entwickeln anfängt, sobald der Druck aufhört, der die Gährung inne hielt. Man sieht auch alle Luftblasen, die in einem Glase schäumenden Champagners aufsteigen, vom Boden und den Seitenwänden des Glases kommen. Wenn er auf die Zunge kommt, musz sich die Luft entwickeln.

13. Der Streit, worin der Ausgang dieser Versuche mit den gewöhnlichen Wärmetheorieen steht, war mir ganz und gar nicht

unerwartet. Den Satz, dasz jede Luftentwickelung mit Verminderung der äuszern Wärme begleitet seyn sollte, habe ich schon lange als eine Hypothese angesehn. Ich bin überzeugt, dasz die ganze Wärmetheorie, so wie sie die Antiphlogistiker festgesetzt haben, eine grosze Revolution erleiden musz, wozu *Ritter* und *Winterl,* ein jeder auf seine Art, den Weg gebahnet haben. Eine der auffallendsten Erfahrungen, von der ich wünschte, dasz sie die strengen Antiphlogistiker auf ihre Weise zu erklären versuchten, ist der einfache galvanische Versuch mit der Einwirkung der voltaischen Säule aufs Wasser. Jeder weisz, dasz dadurch Luft entwickelt wird, und doch wird zugleich auch Wärme entwickelt, denn ein hineingestelltes Thermometer steigt. Hier haben wir also eine Luftentwickelung, die mit Wärmevermehrung begleitet ist. Ich weisz sehr wohl, dasz man alles mit einer jeden Hypothese vereinbaren kann, wenn man mehrere neue dazu setzt; aber dadurch bildet man endlich ein Schlosz von Seifenblasen, das von weitem mit den vielen geborgten Farben schimmert, aber durch den geringsten Hauch zerstört wird. Deswegen glaube ich nicht zu viel zu wagen, wenn ich ausdrücklich sage, was meine Versuche schon gesagt haben, dasz die Kohlensäure zu ihrer Entwickelung keiner Wärme bedarf.

14. Das Merkwürdigste in diesen Versuchen ist unläugbar dieses, dasz eine Berührung zwischen einem festen Körper und der kohlensäurehaltigen Mischung erfordert wurde, damit Luft entwickelt würde. Eine Erklärung hierüber zu geben, so wie ich glaube, dasz eine Erklärung seyn musz, getraue ich mir nicht; aber es wird uns schon etwas befriedigen, das Auge auf den Zusammenhang zwischen dieser und einer Menge anderer Erfahrungen zu werfen. Wenn man ein Glas mit Wasser unter die Glocke einer Luftpumpe setzt, und die Luft verdünnt, so wird, wie bekannt, Luft daraus entwickelt. Diese Luftblasen steigen allezeit von den Berührungspunkten des Wassers mit dem Glase auf. Um mich genauer von der Gleichheit zwischen dem, was hier geschieht, und dem, was in den kohlensäurehaltigen Mischungen vorgeht, zu überzeugen, setzte ich einen Platindraht in das Wasser, aus welchem ich die Luft auspumpte. Nun wurde dieser auf seiner ganzen Oberfläche mit Luftblasen besetzt. Ich gosz verdünnten Weingeist über eine Lage rauchender Salpetersäure. Wenn ich hierein eine Glas-

stange setzte, so wurde, wie in einer der kohlensäurehaltigen Mischungen, Luft entwickelt. Doch erhielt ich einen viel gröszern Luftstrom in dieser Mischung, wenn ich anstatt einer Glasstange einen Platindraht hineinsetzte, der übrigens von der Säure gar nicht angegriffen wurde. In den kohlensäurehaltigen Mischungen schien der Platindraht wohl mehr Luft als die Glasstange zu geben, doch war der Unterschied nicht merklich genug, dasz man es mit Gewiszheit behaupten könnte. Aus dieser Ursache läszt sich die Wirkung der festen Körper in den kohlensauren Mischungen nicht geradezu durch den Galvanism erklären, nach welchem allerdings bestimmt ist, dasz flüssige Körper unter sich keine Wirkung hervorbringen, sondern nur in Berührung mit einem festen; aber dieser feste musz dort ein Leiter seyn, und hier geben die schlechtern Leiter, selbst das Siegellack, anscheinend eben so viel Luft, wie die besten.

15. Um mich von diesem Einflusse der festen Körper auf die Luftentwickelung noch mehr zu überzeugen, gosz ich eine Auflösung von Schwefelkali in ein kleines cylindrisches Glas, hierüber Wasser, und liesz nun eine verdünnte Salzsäure tropfenweise hineinfallen. Ich erhielt beinahe gar keine Luft, und kein bedeutender Geruch nach Schwefelwasserstoff kam zum Vorschein; wenn ich aber einen Platindraht hineinsetzte, so gab dieser gleich einen groszen Luftstrom. Der Niederschlag im erstern Falle musz also eine Verbindung von Wasserstoff und Schwefel gewesen seyn, konnte aber dieses Mahl nicht genau genug untersucht werden.

16. Dieser Einflusz der festen Körper äuszert sich nicht allein bei Luftentwickelungen, sondern, wie bekannt, auch bei Krystallisationen. Jeder weisz, wie sehr es die Krystallisation eines Salzes befördert, wenn man in dessen Auflösung einen festen Körper bringt. Ja selbst das abgekühlte Wasser kann durch die Berührung mit einem festen Körper, z. B. einem Stücke Eis, dazu gebracht werden, dasz es in einen festen Zustand übergeht. *Blagden* fand, dasz vollkommen klares Wasser sehr schwer zum Gefrieren gebracht wurde, wogegen solches, das Partikeln enthielt, die dessen Klarheit verminderten, leicht in einen festen Zustand überging.

17. Verschiedene Chemisten haben die Bemerkung gemacht, dasz ein Fluidum, das in Weingährung gehen soll, nicht eher zu

brausen und Luftblasen auszustoszen anfängt, bis es trübe geworden ist. Wenn man dasjenige, welches es trübe machte, abseiht, so steht die Gährung ganz still. Es ist wohl möglich, ja sogar wahrscheinlich, dasz der Stoff, der diese Rolle in einer gährenden Flüssigkeit spielt, sehr durch seine chemische Qualität wirkt; aber dasz die Luftentwickelung durch diese Trübheit auszerordentlich befördert wird, kann nach unsern vorherigen Versuchen keinesweges bezweifelt werden.

18. Diese Versuche erklären uns auch die grosze Ungleichheit, die zwischen den Angaben der verschiedenen Chemisten über den Kohlensäuregehalt der Alkalien Statt findet. Zwar hat *Winterl* in seinen Prolusionen, und ich in meinen Materialien zu einer Chemie des neunzehnten Jahrhunderts, gezeigt, dasz viele Ungleichheiten daher kämen, dasz die verschiedenen Säuren ungleiche Resultate gäben, aber es ist jetzt deutlich, dasz die Manipulation vielen Einflusz darauf hat. Der beste Rath gegen diese Ungleichheit wäre vielleicht, entweder die Säure oder das Alkali in festem Zustande anzuwenden. Wo dieses nicht angeht, würde es vielleicht passend seyn, ein kleines Netz, von Gold- oder Platindraht, oder auch wohl von Glas, so in das eine Fluidum, wozu das andere gegossen werden soll, zu hängen, dasz es den Augenblick, nachdem es hineingefallen, in Berührung mit dem Netze käme. Andere werden vielleicht noch bessere Methoden, nach den hier angegebenen Grundsätzen, ausfindig machen.

19. Wir haben nun das Princip zu der rechten Zubereitung des Getränks, das in alten Zeiten den Namen *potio Riverii* führte, wozu man zu einer Auflösung von kohlensaurer Potasche Citronensäure gosz, und die Vermischung trinken liesz, während sie noch brauste. Die beste Art, diesen Heiltrank zuzubereiten, würde seyn, die Säure sowohl als das Alkali bedeutend zu verdünnen, z. B. mit 6 Theilen Wasser, sie plötzlich in ein Glas, das eben geräumig genug wäre, zu gieszen, und gleich zu trinken. Eine solche Mischung brauset beinahe gar nicht, und doch enthält sie viele Kohlensäure, welche sich in Luftblasen zeigt, wenn die Zunge oder ein anderer fester Körper hineingebracht wird. Eine solche Mischung behält ihre Kohlensäure sehr lange. Ich liesz sie einmal 24 Stunden in einem offenen Gefäsze stehen; und da ich sie hierauf filtriren wollte,

gab sie, da sie die Leinwand, wodurch sie gehen sollte, berührte, einen Strom von Luft, und brauste noch einige Augenblicke, wie sie durchgelaufen war.

II. Beitrag zu einer Vergleichung zwischen Andronia und Kiesel.

20. In allen Versuchen, wobei eine Säure so mit dem kohlensauren Kali vereinigt wurde, dasz keine bemerkliche Luftentwickelung dabei Statt fand, erhielt ich einen Bodensatz, ganz so wie *Winterl* die Andronia beschreibt. Dieser Bodensatz zeigte sich nicht immer gleich schnell. Zuweilen wurde die Vermischung nach Verlauf von 15 Minuten milchicht, aber der Bodensatz setzte sich erst nach verschiedenen Stunden, ja wohl erst nach einem Tage. Ich habe gefunden, dasz die eben (19) beschriebene Art, die Säure mit dem Alkali zu vermischen, einen auszerordentlich lockern Bodensatz giebt, der äuszerst leicht von der Auflösung getrennt wird. Diese Art, Andronia zu bereiten, kommt mir bequemer vor, als irgend eine von allen denen, die *Winterl* angiebt. Wenn ich sehr reine Materialien dazu nahm, so erhielt ich sehr wenig Bodensatz, mit weniger gereinigten erhielt ich dagegen oft eine grosze Menge, doch nicht allezeit gleich viel von denselben Materialien. Es war offenbar, dasz, wenn Säure und Alkali so mit einander vermischt wurden, dasz dabei ein heftiges Aufbrausen entstand, der Bodensatz schwächer wurde, ja wohl in den reinen Materialien gar nicht Statt fand. Bei den wenigst reinen Materialien war es zwar höchst wahrscheinlich, dasz der Bodensatz im Wesentlichen das war, was die Chemisten bisher Kiesel genannt haben; aber wenn ich eine mit Kohlensäure gesättigte Kaliauflösung, oder die Auflösung von krystallisirtem kohlensauren Kali dazu gebraucht hatte, schien der Bodensatz, ob er gleich dem andern ganz glich, zu dieser Klasse doch nicht gerechnet werden zu können, da die Chemisten diese Materialien für rein ansehen. Man müszte also entweder den Chemikern allgemein widersprechen, oder mit *Winterl* einig seyn. Ich hatte unterdessen schon bemerkt, dasz bei den Bodensätzen ein Verhältnisz zwischen dem Kiesel und der Kohlensäure seyn müszte, deswegen glaubte ich, dasz es die Mühe lohnen würde, den Kiesel selbst etwas genauer zu untersuchen, da die Eigenschaften desselben, wie es mir schien, bei weitem noch nicht alle bekannt wären.

Ich setzte mir deswegen vor, dieselben Eigenschaften bei dem Kiesel aufzusuchen, die *Winterl* als die der Andronia angiebt.

21. Eine concentrirte Auflösung von Kieselkali wurde mit Wasser so verdünnt, dasz keine Säure irgend einen Bodensatz, selbst nicht nach Verlauf von ein paar Tagen, darin hervorbrachte. Durch diese Auflösung liesz ich nun Kohlensäuregas strömen. Eine Stunde darauf war die Auflösung schon stark opalisirend, und nahm nach und nach an Undurchsichtigkeit zu. Am Ende sonderten sich die ausgeschiedenen Theile in Flocken ab, und wurden nun durch Filtriren von den flüssigen abgesondert. Dieser Versuch beweist, dasz der Kiesel leichter durch Kohlensäure als durch die bekanntesten liquiden Säuren aus der Kaliauflösung gefällt wird.

22. *Winterl* sagt, dasz Andronia mit Zucker zusammen gerieben einen Honig giebt, der mit Wasser vermischt eine Milch bildet. Dieses liesz sich vorher erwarten; inzwischen ist es doch merkwürdig genug, wie der Zucker bei der Berührung des feuchten Kiesels gleichsam deliquescirt. Man bemerkt auch, dasz die Mischung von Zucker und Kiesel weit flüssiger ist, als der feuchte Kiesel selbst. Wohl sehe ich ein, dasz dieses aus dem groszen Wassergehalt des Kiesels, der jedem praktischen Chemiker bekannt ist, erklärt werden kann; aber wenn das Auge nicht täuscht, so ist hier noch etwas mehr im Spiele. Um hierüber zu einer nähern Kenntnisz zu gelangen, legte ich einige Stücke Kieselgelee mit einigen Stücken weiszen Zuckers in einen gläsernen Trichter. Diese wurden gleich von Wasser durchzogen, weswegen ich nun den Kiesel mit gestoszenem Zucker bestreute. Dieser schwand auch allmählig weg, so wie noch verschiedene nach und nach hinzugesetzte Portionen. Der gallertförmige Kiesel veränderte seine Form nicht, aber dagegen nahm er durchaus eine hellbraune Farbe an, ungefähr wie Bernstein, anstatt der bläulich-weiszen, die er vorher hatte, und einige Tropfen Feuchtigkeit flossen davon ab. Mit einer unverhältniszmäszigen Menge Zucker, z. B. 10 Mahl des Gewichts des Kiesels, erhält man einen harten Körper, härter als der Zucker selbst ist. Wenn man Wasser zu einer von diesen Mischungen gieszt, so erhält man eine Milch, die ganz durch ein Leinwandfiltrum geht, und mehrere Tage stehet, ohne sich zu verändern. Setzt man dagegen Essig hinzu, so gerinnt sie, eben so wie *Winterl* von

seiner Androniamilch erzählt. Wenn ich Wasser auf Kieselgelee, welche mit Zucker bestreut gewesen war, gosz, so löste sich ein Theil der Gelee auf, und gab ein milchichtes Fluidum, ohne dasz irgend eine Umschüttelung oder Reibung nöthig war. Die übrig gebliebene Gelee hatte die erhaltene braune Farbe wieder in die erste bläulich-weisze verändert. Alles dieses scheint etwas mehr als eine blosz mechanische Wirkung zwischen dem Kiesel und dem Zucker zu beweisen. Und auf allen Fall ist so viel gewisz, dasz das Verhalten des Kiesels in dieser Rücksicht ganz und gar nicht von dem abweicht, welches *Winterl* der Andronia zuschreibt.

23. Oel läszt sich auch mit dem feuchten Kiesel zusammenreiben, und giebt eine Mischung, die einer Salbe gleicht. Diese kann ferner mit Wasser durchgerührt werden, und giebt eine milchähnliche Flüssigkeit. Auch hierin gleicht der Kiesel *Winterl's* Andronia.

24. *Winterl* sagt, dasz, wenn man einen Theil salzsaures Ammonium mit drei Theilen krystallisirtem kohlensauren Kali vermischt, man Andronia erhält. Wenn ich diesen Versuch mit einem, mittelst Durchströmung der Kohlensäure gereinigten Kali vornahm, so erhielt ich nur sehr wenig Bodensatz. Wenn dagegen derselbe Versuch mit einer weniger reinen Potasche vorgenommen wurde, so wurde bedeutender Bodensatz erhalten, sogar wenn die Proportionen sehr abweichend waren. Also könnte man leicht auf die Vermuthung gebracht werden, dasz der Bodensatz nur von Kiesel herrührte; denn das salzsaure Ammonium musz den Kiesel fällen, weil die Salzsäure sich mit Kali verbindet, und das Ammonium den Kiesel nicht aufzulösen vermag. Durch einen Versuch kann man sich leicht von der Richtigkeit des Gesagten überzeugen, da eine Salmiakauflösung, zu Kieselfeuchtigkeit gesetzt, gleich einen groszen Bodensatz hervorbringt.

25. Wenn man eine Auflösung, die aus kohlensauern Kali und Salzsäure oder Salpetersäure besteht, einkocht, so wird während des Einkochens ein merklicher Bodensatz erhalten. Dagegen bemerkt man keine Entwickelung von Kohlensäuregas. Hier entsteht nun die Frage, ob bei dieser Gelegenheit eine Decomposition der Kohlensäure vorgeht, oder ob hierbei eine Quantität Kiesel, die noch in der mehr verdünnten Salzlauge aufgelöst gehalten wurde,

ausgesondert wird. Am gemächlichsten würde es seyn, das letztere anzunehmen, welches recht gut mit dem übereinstimmt, was man bisher von dem Kiesel angenommen hat; aber eine genauere Untersuchung sollte doch erst darüber entscheiden.

26. Ich bitte, dasz Keiner glaube, dasz ich der Meinung wäre, mit diesen wenigen Bemerkungen etwas über die Andronia ausgemacht zu haben. Ich habe nur einen kleinen Beitrag liefern wollen, der Andere dazu veranlassen könnte, mehr mit *Winterl* zu arbeiten, statt Vorurtheile gegen ihn zu nähren. Die Versuche, die ich erzählt habe, scheinen wohl einige Vermuthung zu geben, dasz Andronia und Kiesel eins sind, aber die wichtigsten Punkte sind noch zurück. So viel ist zum wenigsten ausgemacht, dasz *Winterl* unbezweifelt selbst observirt hat, und weit entfernt ist, seine Versuche erdichtet zu haben, wie zu glauben einige so bequem und so beruhigend für ihr Gewissen finden. Es ist auch nicht weniger gewisz, dasz der Kiesel bisher nur sehr unvollkommen gekannt ist. Es wird sich vielleicht sogar zeigen, dasz der Kiesel in den gewöhnlichsten chemischen Operationen wirklich eine Decomposition erleidet, und dasz folglich *Winterl,* mit vollkommenem Rechte, den aus den Alkalien gefällten Kiesel für ein neues Produkt ansieht. Doch alles dieses musz der nähern Untersuchung anheim fallen. Etwas über die Arbeiten eines tiefsinnigen Denkers, blosz mit der Väter Glauben, ausmachen zu wollen, neue Hypothesen mit alten, (nach dem juridischen Princip *beatus possessor,*) widerlegen zu wollen, verräth eine intellektuelle und moralische Rohheit, von der man wünschen musz, dasz sie zu den Barbaren verwiesen wäre.

DIE REIHE DER SÄUREN UND BASEN

VON J. C. OERSTED

(JOURNAL FÜR DIE CHEMIE UND PHYSIK. HERAUSGEGEBEN VON A. F. GEHLEN. BD. II. P. 509—547. BERLIN 1806)

Die Säuren und ihr Gegensatz, die Basen, sind noch nicht so zusammengestellt worden, wie sie es verdienten. Der Grund dazu liegt ganz in der bisherigen Behandlung der Chemie: alle Aufmerksamkeit war nur auf die Bestandtheile der Körper gerichtet. Auf eine hiervon unabhängige Vergleichung und Zusam-

menstellung der Stoffe liesz man sich nicht ein, oder doch nur auf eine sehr oberflächliche Weise. So konnte man aber nur eine äuszerst beschränkte Kenntnisz der Natur erreichen, und muszte überdies oft in Irrthum gerathen; denn unsere Kenntnisz der Bestandtheile der Körper ist noch sehr unvollkommen. Erstlich giebt es eine bedeutende Zahl von Körpern, deren Bestandtheile wir nicht kennen, und die doch mit andern Körpern eine kaum zu übersehende Menge von Verbindungen eingehen. Zweitens kennen wir nicht hinreichend die Art, wie mehrere Stoffe in einem Körper beisammen sind. Es ist kaum nöthig, die Chemiker daran zu erinnern, wie viele Körper aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, oder aus diesen dreien und Stickstoff zusammengesetzt sind, ohne dasz wir anzugeben wüszten, warum die Producte so und nicht anders sind, weszhalb auch die Chemie so häufig nicht zusammenzusetzen vermag, was sie doch zerlegt zu haben glaubt. Bedenken wir ferner, dasz wir in einem ähnlichen Falle mit den Producten der Analyse der Fossilien sind, und vergleichen wir recht Alles, was wir hierin nicht wissen, mit dem, was wir wissen, so können wir nicht umhin, uns nach Mitteln und Wegen umzusehen, welche uns näher zu der Natur führen. Wenn aber Jemand die gefoderte Vergleichung nicht, oder nur oberflächlich, vorgenommen hätte, aber um so viel fester behaupten wollte, die bisherige Bestandtheillehre führe uns zwar langsam, jedoch auf dem sichern Wege, zur Einsicht, so würden wir ihn bitten, auf die vielen auffallenden Widersprüche, welche aus der Betrachtung der bloszen Bestandtheile hervorspringen, einige Rücksicht zu nehmen. Wir wollen blosz ein Paar Beispiele hersetzen, welche wir in der Folge weiter gebrauchen können. Mit dem Stickstoffe giebt der Sauerstoff eine Säure, der Wasserstoff ein Alkali; mit dem Schwefel aber geben beide diese Stoffe eine Säure. Die Metalle geben, in Verbindung mit wenigem Sauerstoffe, Körper, welche mit den Alkalien und Erden die vollkommenste Analogie haben; können sie aber mit einer gröszern Quantität desselben Stoffes vereiniget werden, so geben sie Säuren, das ist: sie werden ganz das Gegentheil von dem, was sie in den niedern Oxydationsgraden waren. Vielleicht werden diese Beispiele Manchem nicht gar wichtig erscheinen, indem man dergleichen Phänomene, welche gar nicht mit der Theorie in Verbindung zu setzen sind, sehr oft, ohne es eben klar zu behaupten, als unerklärbare Zufälligkeiten betrachtet. Wenn wir

aber weiterhin diese Verhältnisse wirklich erklären, wird vielleicht dies Vorurtheil völlig verschwinden.

Die Richtung, welche die Chemie nun einmahl genommen hatte, war auch von groszem Einflusz auf die Classification und Eintheilung der Körper. Denn nach der Kenntnisz der Bestandtheile vereinigte und trennte man, oft auf eine gewaltsame Weise. So, um abermahls ein Beispiel, welches weiterhin genauer untersucht werden wird, zu wählen, wuszte man, dasz die Metallkalke aus Metall und Sauerstoff zusammengesetzt seyen, von den Erden wuszte man es aber nicht, und selbst in diesem Augenblicke können wir es nicht beweisen; daher trennte man sie in zwei Klassen, welche ganz von einander abgesondert da stehen. Gesetzt aber, dasz wir künftig entdeckten, dasz die Erden wirklich Metallkalke wären, nur dasz sie nicht durch unsere jetzigen Mittel reducirt werden könnten, oder gesetzt, dasz wir entdeckten, dasz die Metalle zusammen gesetzt wären, und solche Bestandtheile hätten, welche mit einem Zusatze von Sauerstoff auch Erden constituirten, nur dasz sie eben so wenig, ohne zerlegt zu werden, reducirbar wären, als es die Pflanzensäuren sind, dieses gesetzt, wäre ja unsere ganze Abtheilung in Erden und Metallkalke der Wissenschaft mehr schädlich als nützlich; den eine jede solche Zerstückelung ist ein Hindernisz, die allgemeinen Naturgesetze zu erkennen, und dieses ist doch der Endzweck aller unserer Naturforschung.[1]

Um also etwas Allgemeines über die Natur der Körper zu wissen, sollten wir nicht ihre Grundstoffe, sondern ihre Eigenschaften in Betrachtung ziehen. Es wird ein Körper aufgesucht, welcher eine gewisse Eigenschaft in einem sehr hohen Grade besitzt, es werden nun andere, welche dieselbe Eigenschaft haben, damit zusammengestellt und verglichen, und so verfolgt man dieselbe Kraft, durch jede Aeuszerung verschiedener Stärke, bis wir da ankommen, wo sie ganz verschwindet. Finden wir darauf den Gegensatz eben derselben Kraft auf, und verfolgen wir sie auf eben diese Weise, so gelangen wir abermahls zu einem Puncte der Verschwindung, und dieser wird eben derselbe seyn wie der erste, nämlich der Punct des Gleichgewichts der entgegengesetzten Kräfte, und so schmelzen die beiden Reihen in Eine zusammen. Es ist leicht zu ersehen, dasz wir hier nicht zunächst die Reihen im

[1] Man vergesse nicht, dasz hier blosz eine Möglichkeit gesetzt, nichts aber behauptet wird. Später werden wir noch auf eine andere Möglichkeit kommen. O.

Sinne haben, welche so häufig bei den Physikern vorkommen, so wie die der specifischen Schweren, der Wärmecapacitäten und dergleichen einzelnen Beschaffenheiten mehr. Wir sprechen eigentlich hier von gewissen Aeuszerungen, welche allezeit mit einander beisammen sind, mit einander verhältniszmäszig ab- und zunehmen, kurz, einen innern Zusammenhang errathen lassen, ohne dasz wir ihn noch bestimmter angeben könnten. Beispiele solcher Eigenschaften geben uns Metallität, Acidität und Basicität, u. s. w.

Derselbe Körper kann in mehrern solchen Reihen zugleich vorkommen, und die eine Reihe wird dadurch ein Licht auf die andere werfen. Es versteht sich also von selbst, dasz wir auf die willkührlichen Definitionen und Grenzbestimmungen der Chemiker keine Rücksicht nehmen werden. Man hat fast alle solche Eintheilungen auf secundäre Eigenschaften gegründet, oder wohl gar die Bestimmungen nach Eigenschaften gemacht, die gar nicht zu dem Wesen der abzutheilenden Gegenstände gehörten. Man erinnere sich nur, wie oft man den Grad der Auflösbarkeit, der Schmelzbarkeit, Cohärenz, als Grenzbestimmungen gebraucht hat, um sich zugleich zu erinnern, wie oft man auf das willkührlichste getrennt, was Gott und die Natur zusammengefügt hatten.

Das innere Wesen der Dinge ist eine Einheit, welche sich durch verschiedene Phänomene äuszert. Diese Aeuszerlichkeiten aber von allen andern vergesellschaftenden zu unterscheiden, und auf die innere Einheit zurückzuführen, ist das Geschäft des wahren Naturforschers. Dieses Innere auszusprechen, ist aber noch nie einer Definition gelungen, sondern, sich an einzelne Aeuszerungen haltend, bestimmte sie allezeit Grenzen, wo noch die innere Einheit in andern Aeuszerungen durchblickte. Dieses hat *Winterl* sehr schön für die Säuren und Basen gezeigt, und wir können, wenigstens *de jure*, voraussetzen, dasz jeder Chemiker das, was er, im Anfange seiner Prolusionen und der Darstellung der vier Bestandtheile der anorganischen Natur, hierüber gesagt, gelesen und überwogen habe.[1] Wir werden überhaupt das, was dieser tiefsinnige Forscher für diesen Gegenstand gethan, in der Folge dieser Untersuchung häufig benutzen, ohne es aber ängstlich jedes Mahl anzuführen, es den Kennern überlassend, unsere Ueber-

[1] Man vergl. auch *Schuster's* Einleitung zu seiner Darstellung des »System der dualistischen Chemie«. Berlin, Frölich'sche Buchhandlung. G.

einstimmungen oder Abweichungen von ihm aufzufinden und zu beurtheilen.

Wir wollen also, wie gesagt, keine Definition der Acidität und Basicität geben, sondern einen Körper dieser Reihe vornehmen, dessen Haupteigenschaften betrachten, dieselben nach und nach in andern Körpern, wo sie hervorstechend sind, aufsuchen, und darüber Vergleichungen anstellen. Wir wollen mit dem Ammonium anfangen; warum? wird sich aus dem Zusammenhange des Ganzen ergeben. Das Ammonium ist hydrogenirtes Azot, hat einen eigenthümlichen sehr starken Geruch und Geschmack, ist luftförmig, hat eine sehr starke Anziehung zum Wasser, färbt Veilchensaft grün, und hebt die rothe Farbe der durch Säuren veränderten blauen Pflanzenpigmente wieder auf. Ueberdies verdient noch bemerkt zu werden, dasz es Kupfer angreift, mit Oelen und Eiweiszstoff Verbindungen eingeht. Durch Vereinigung mit den Säuren verliert es von allen diesen Eigenschaften, und auf einem gewissen Punct der Vereinigung verliert es viele derselben durchaus. Ein jeder weisz dieses, doch schadet es nicht, dasz wir es uns etwas näher vor Augen rücken. Dasz der Geruch und Geschmack des Ammoniums ganz verschwindet, wenn es mit Säure gesättiget wird, lehren unsere Sinne. Wir dürfen daher vermuthen, dasz es diese sinnlichen Eigenschaften in seiner Qualität als Base besasz. Es folgt daraus nicht, dasz alle Basen denselben haben sollen; denn erstlich ist die Volatilität Bedingung des Geruches, Auflösbarkeit aber die des Geschmackes, wo also diese Eigenschaften verschwinden, da müssen auch jene Wirkungen auf die Sinne aufhören; zweitens ist kein Körper ein blosz basischer, sondern hat, als Körper, noch manche andere Eigenschaften nebenbei, welche die basische Eigenschaft modificiren. Auch die Luftform des Ammoniums verschwindet in der Verbindung mit den Säuren. Dieses stellt sich auf eine besonders auffallende Weise in den Versuchen dar, wo es mit einer luftförmigen Säure vereint wird, indem sowohl die Säure als die Base ihre Luftform verlieren. Ueber diesen Punct werden wir noch mehr Bemerkungen machen können. Wie sehr die chemische Anziehung des Ammoniums zum Wasser durch dessen Verbindung mit Säuren vermindert wird, musz einem jeden auffallen, der chemische Versuche angestellt hat. Die wassergierigsten Säuren geben mit dem Ammonium keine zerflieszende Salze. Die Fähigkeit, die Pflanzenpigmente zu verändern, steht, eben so

wohl wie der Geschmack, unter der Bedingung der Auflösbarkeit, und was daher von jener unmittelbaren Sinnenwirkung gesagt worden, läszt sich auch hier anwenden. Dasz das Ammonium diese Eigenschaft durch den Einflusz der Säuren verliere, ist bekannt genug. Dasz es ebenfalls durch die Säuren der Fähigkeit beraubt wird, die fetten Oele, den Eiweiszstoff aufzulösen, braucht keiner weitern Erörterung. Die Fähigkeit, Kupfer aufzulösen, scheint hiervon eine Ausnahme zu machen. Dieses wird auch von den aus Ammonium und Säuren zusammengesetzten Salzen angegriffen. Es mag also diese Wirkung wohl nicht von der basischen Qualität herrühren.

Unter allen basischen Körpern kommt keiner dem Ammonium so nahe, als das Kali. Wir kennen dessen Zusammensetzung nicht, und können also nicht bestimmen, ob es, wie jenes, hydrogenirtes Azot ist, oder ob es noch einen Nebenbestandtheil, z. B. Kohlenstoff, hat. Ganz ungleich wird es dem Ammonium gewisz in seinen Bestandtheilen nicht seyn. Es hat zwar nicht die Luftform, wie letzteres, es ist auch nur wenig flüchtig, aber ganz feuerfest ist es doch bei weitem nicht. In den chemischen Analysen der Fossilien erfahren wir oft, dasz sich Kali beim Glühen verflüchtige, und in dem Bleichen durch Dämpfe von Kalilauge musz gewisz auch das Kali in Dampf mit übergehen. Das Ammonium, in eine niedere Temperatur versetzt, verliert seine Luftform, das Kali würde in einer höhern diese Form annehmen. Dieser Unterschied ist also nur quantitativ. Aehnlich verhält es sich mit dem Kali in Rücksicht auf Geruch; ganz desselben beraubt ist das Kali nicht, wenigstens wenn es erwärmt und befeuchtet wird. Wenn aber das Ammonium ohne Vergleichung stärker riecht, so ist dieses nicht zu verwundern, da die Temperaturen, bei welchen sie luftförmig werden können, so sehr von einander entfernt sind. Der Geschmack des Kali ist mit dem des Ammoniums offenbar genau verwandt. Die Wirkung auf die Pflanzenfarben, auf die Oele, auf thierische Körper, haben sie so vollkommen, als es zwei verschiedene Körper haben können, gemein. Auszerdem löset das Kali die Thonerde und Kieselerde auf; jedoch ist, besonders bei letzterer, die Beihülfe der Wärme nöthig, wenn es bedeutend darauf wirken soll. Es ist daher begreiflich, dasz das Ammonium, wenn es auch dieselbe Tendenz hätte, hier nichts sonderliches wird ausrichten können.

Ueber die Aehnlichkeit des Natrons mit dem Kali ist wohl noch Niemanden zu zweifeln eingefallen. Wir wollen daher nur daran erinnern, dasz diese Base eine geringere Anziehung gegen das Wasser, einen nicht völlig so scharfen Geschmack, eine geringere Causticität besitzt, kurz, dasz es sich als eine schwächere Base zeigt. Das Kali und das Natron verlieren beide ihre angeführten Eigenschaften durch die Verbindung mit den Säuren, doch gewissermaszen das Natron leichter; denn das nur etwas kohlensaure Natron hat schon sehr viel von seinem Geschmacke verloren, zieht gar keine Feuchtigkeit aus der Luft an und bildet mit dem Kiesel auch nicht so leicht wasserziehende Mischungen, und, was noch mehr auszeichnend ist, mehrere Salze, welche es mit den Säuren bildet, verwittern, d. h., geben ihr Krystallwasser an die Luft ab. Kali und Natron greifen beide das Kupfer an, wie das Ammonium, verlieren aber eben so wenig, wie dieses, ganz jene Eigenschaft in der Neutralisation.

Die Chemiker unserer Zeit gestehen auch dem Baryte willig einen Platz unter den Alkalien zu. Er besitzt auch in Wahrheit alle Eigenschaften, welche wir den oben genannten Alkalien, als solchen, beilegen. Nur besitzt er einen geringern Grad der meisten. Vieles könnte man zwar der geringern Auflösbarkeit in Wasser zuschreiben: dies ist aber doch nicht das Einzige; der Baryt ist auch weniger schmelzbar. Es zeigt aber diese geringere Auflösbarkeit, dieser gröszere Widerstand gegen das Schmelzen, eine gröszere Tendenz, in sich zu seyn, eine gröszere Concentration, an. Er wirkt auch sehr viel weniger auf den Kiesel, als das Kali und Natron, und auf dem nassen Wege fast gar nicht. Auch auf den Thon wirkt er nicht so vollkommen wie jene Alkalien. Wir wissen, dasz die andern Alkalien in Verbindung mit der Kohlensäure sehr viel weniger auflösbar im Wasser sind. *Rose* hat gezeigt, dasz das vollkommen mit Kohlensäure gesättigte Natron schon sehr schwer auflöslich sey. Der Baryt wird es aber noch in einem weit höhern Grade, so dasz man den kohlensauren Baryt unauflöslich nennen darf. Auch hier ist nur ein quantitativer Unterschied. Es haben zwar einige Chemiker in dieser Unauflösbarkeit einen Grenzpunct der Alkalien und Erden zu finden geglaubt, und daher die Reihe zerschnitten. Dies wird aber jetzt kaum mehr einem denkenden Chemiker einfallen. Es wäre nur gar zu leicht, einem solchen noch eine gröszere Menge von Analogien der Alkalien mit dem Baryte

entgegenzuhalten. So z. B. wird man sich erinnern, dasz der Baryt eben so wohl als die drei ersten Alkalien Schwefel auflöset, und damit alle Erscheinungen der Schwefelleber hervorzubringen vermag. Eben so, dasz der Baryt, mit Phosphor gekocht, phosphorhaltiges Wasserstoffgas giebt.

Von dem Strontiane könnte man sagen, dasz er sich zum Baryte ungefähr, wie das Natron zu dem Kali, verhalte. Diese Bemerkung, mit dem Vorhergehenden zusammengehalten, musz einen jeden an alle hierher gehörigen Thatsachen erinnern, und wir brauchen daher nichts weiter hinzuzufügen.

Bei dem Kalke lassen sich abermahls alle Eigenschaften der beiden letzterwähnten Substanzen aufzeigen, aber sehr viel schwächer. So z. B. ist der Geschmack, die Auflösbarkeit im Wasser, die Fähigkeit, auf Thon und Kiesel zu wirken, hier um sehr viel geringer. Auch ist der Kalk noch weniger schmelzbar, und dies in dem Grade, dasz es noch nicht gewisz ist, ob es jemanden geglückt ist, ihn rein zu schmelzen.

Wenn wir also berechtiget waren, anzunehmen, dasz die Eigenschaften, welche wir hier aufgezählt haben, alle nur Erscheinungen einer innern Kraft waren, und wenn wir uns hierin bestärkt finden dürfen dadurch, dasz alle diese Erscheinungen gemeinschaftlich die ganze Reihe hindurch abnahmen, so dürfen wir wohl glauben, der Natur etwas näher auf die Spur gekommen zu seyn. Nur haben wir zu wenig die eigentliche Haupterscheinung dieser Reihe ins Licht gestellt, nämlich die Eigenschaft jeder der aufgestellten Substanzen, die Acidität der Säuren aufzuheben, so wie umgekehrt von den Säuren aller ihrer auszeichnenden Eigenschaften, mit einem Worte ihrer Basicität, beraubt zu werden. Es ist so auffallend, dasz jede Eigenschaft der Basen eben in dem Grade verschwindet, wie sie mit Säuren gesättiget werden. Man kann sich daher des Gedankens nicht erwehren, dasz man den Grad der Basicität dieser Körper, durch die Menge der Säuren, die zu ihrer Aufhebung nöthig ist, messen könne. Dieses scheint noch dadurch eine Bestättigung zu erhalten, dasz die Quantitäten der Säuren, welche zur Sättigung einer Basis erfordert werden, für jede der genau untersuchten Basen, in derselben Progression fortgehen. Auch umgekehrt gehen die Quantitäten der Basen, welche zur Sättigung der Säuren nöthig sind, für jede Säure in derselben

Progression.[1] Diese Idee wird aber gestört, wenn wir beobachten, dasz solche Körper, welche offenbar die schwächsten Basen sind, die gröszten Säuremengen zur Sättigung erfordern, so dasz man dadurch bewogen worden, anzunehmen, dasz die Stärke der Basen sich umgekehrt verhalte, wie die zur Sättigung der Säuren nothwendigen Quantitäten derselben. *Winterl* bemerkt auch sehr schön, dasz dieses dadurch noch bestättigt wird, dasz die Metalloxyde durch gröszere Oxydation an Basicität verlieren, doch aber mehr Säure zu ihrer Sättigung fordern.[2] In der Reihe der Säuren aber sollte dieses umgekehrte Verhältnisz nicht Statt finden, sondern das directe. Hierbei ist aber doch zu bemerken, dasz die sich einander ähnlichsten Säuren in der Reihe sehr von einander entfernt stehen, und dasz eben dieses in der Reihe der Basen Statt findet, wo die drei ersten Basen unserer Reihe, deren Aehnlichkeit noch nie verkannt worden, durchaus abwechselnd zwischen die drei letzten geworfen worden. Wenn wir also auch annehmen wollten, dasz die Quantität der Acidität und Basicität so gemessen werden könne, so müszten wir doch wenigstens gestehen, dasz wir dadurch noch sehr wenig in der Kenntnisz der Säuren und Basen fortgerückt wären. Ohnedies ist doch wohl die Quantität der Acidität von der Intensität derselben sehr verschieden. Um uns deutlicher auszudrücken, würden wir zu den Anhängern der gewöhnlichsten Ansicht sagen, dasz das Princip der Acidität oder Basicität in der einen Substanz mehr als in der andern gebunden sey; gegen die Freunde der dynamischen Ansicht aber würden wir uns so erklären, dasz dieselbe Kraft sich mehr nach innen concentrire, oder nach auszen sich zu verbreiten strebe, je nachdem die innere Leitungsfähigkeit gröszer oder kleiner werde.[3]

Es bleibt also dabei, dasz wir weder einen bestimmten äuszern Character, noch ein Maasz der Acidität und Basicität besitzen, sondern dasz diese Eigenschaften im Innern verschlossen liegen; doch finden wir uns berechtigt, eine jede Eigenschaft einer Base, welche sie in dem Conflicte mit den Säuren verliert, als von der Basicität abhängig anzusehen. Auch dürfen wir hoffen, in der vorhergehenden Reihe die Intensitäten der Basen richtig dargestellt zu haben. Wir

[1] *Fischer* in einer Anmerkung zu *Berthollet* Essai de Statique chimique, I. 136.

[2] *Winterl's* Darstellung der vier Bestandtheile der anorganischen Natur, S. 8. Anm.

[3] Man vergl. über einige der in diesem Abschnitt erwähnten Puncte *Schuster,* System der dualistischen Chemie, Bd. 2. S. 66—79. G.

gehen also weiter. Bisher sahen wir in unserer Reihe die Auflösbarkeit in Wasser, die Schmelzbarkeit und alles was davon abhängig ist, allmählig abnehmen. Es kann uns jetzt nicht mehr wundern, wenn wir in unsere Reihe einen Körper aufnehmen müssen, welcher ganz unauflösbar, oder richtiger, in einem durch unsere Experimente nicht zu bestimmenden Grade, schwerauflösbar ist. Ein solcher ist die Magnesie. Uebrigens ist ihre Aehnlichkeit mit den andern Basen nicht zu verkennen. Aus dieser Schwerauflösbarkeit folgt aber, dasz sie keinen Geschmack hat, nicht Veilchensaft grün färben kann, eben so wenig Eiweiszstoff auflösen, u. dgl. Es kann uns aber jetzt nicht mehr wundern, so viele Eigenschaften mit der Auflösbarkeit verschwinden zu sehen, da wir schon so früh den Geruch mit der Flüchtigkeit verschwinden sahen. Ungeachtet der Schwerauflösbarkeit ist aber die Magnesie bei weitem nicht ohne Anziehung gegen das Wasser, wie die gebrannte Magnesie uns zeigt. Auch hat sie chemische Anziehung genug gegen die Kohlensäure, um diese ihrer Luftform zu berauben. Ebenfalls hebt sie die Acidität anderer Säuren auf, und kann dadurch die durch Säuren roth gefärbten Pflanzenfarben wieder blau machen. Auch schmilzt sie, mit dem Kiesel und Thone zu Glas, ungeachtet sie für sich in unsern Oefen nicht schmelzen kann. Auch mit dem Schwefel geht sie eine Verbindung ein, wie die vorerwähnten Basen. Kurz, alle Eigenschaften, welche eine Base nicht mit der Auflösbarkeit verliert, sind noch in der Magnesie beisammen.

Auf die Magnesie folget offenbar die Zirconerde. Diese hat nicht genug Basicität, um die Elasticität der Kohlensäure zu überwinden. Doch ist sie im Stande, mit den andern Säuren Verbindungen einzugehen. Sehr merkwürdig ist es, dasz sie durch Trocknen, und noch mehr durch Glühen, die Fähigkeit, in Säuren aufgelöst zu werden, einbüszt, und sie erst durch Glühen mit Kali wieder erhalten kann. Schon die Magnesie wird etwas schwerauflöslicher in Säuren, durch das Glühen, doch bei weitem nicht in dem Grade. Hingegen wissen wir, dasz die Thonerde, welche auch in der Reihe tiefer steht, noch mehr Veränderung durch das Glühen leidet.

Bei der Thonerde ist es sehr merkwürdig, dasz sie von den stärkern Basen aufgelöst wird. Von den vier ersten wissen wir gewisz, dasz sie die Thonerde auflösen.[1] Die zwei darauf folgenden

[1] Von dem Baryte wissen wir es durch *Bucholz's* Beiträge zur Erweiterung der Chemie, 3. H. 58 und 61. O.

schmelzen wenigstens damit zusammen, und bilden damit eine Art von Glas. Die Thonerde kommt solchergestalt den Säuren eben so nahe wie den Basen, und steht, wie es scheint, auf dem Indifferenzpunct zwischen diesen beiden Klassen. Ungefähr auf derselben Stufe stehet auch die Glucine, wie auch die Yttererde. Aus dem, was wir jetzt von ihnen wissen, läszt sich schwer ausmachen, ob sie vor oder nach der Thonerde stehen sollten.

Endlich erscheint uns der Kiesel als ein mehr saurer denn basischer Körper; denn er löst sich sehr vollkommen in den stärkern Basen auf, und bildet mit den schwächern wenigstens ein Glas, welches als ein unauflösbares Neutralsalz anzusehen ist. Dasz das Ammonium ihn nicht auflöst, wird man nicht unerklärbar finden, da die Tendenz des einen zur Luftform, des andern zur gröszten Festigkeit, einen so groszen Widerstand macht. Dasz auf der andern Seite die Fluszspathsäure den Kiesel angreift, zeugt nicht für seine basische Natur; denn dieses kann sehr gut eine Synsomatie seyn. Uebrigens kommen bei dem Kiesel noch mehr als bei dem Thone Erscheinungen vor, welche wohl eine neue Untersuchung und Nachforschung verdienten. Hierher gehört, dasz der aus der Kieselfeuchtigkeit präcipitirte Kiesel auch in einigen andern Säuren etwas auflösbar erscheint. Man mögte dies aus der aufgehobenen Cohärenz erklären wollen; dagegen spricht aber, dasz diese Auflöslichkeit nicht mehr Statt findet, wenn die Kieselerde getrocknet worden, obgleich sie dabei äuszerst fein zertheilt geblieben, auch dasz sich die Kieselerde, nachdem sie nun wirklich aufgelöst ist, unter gewissen Umständen, z. B. beim Verdunsten, wieder ausscheidet. Es ist daher wohl weit eher anzunehmen, dasz in diesen Fällen wirklich chemische Veränderungen mit der Kieselerde vorgehen. Hier werden wahrscheinlich die *Winterl*'schen Entdeckungen Licht verbreiten. Eine andere Erscheinung, dasz nämlich eine sehr verdünnte Kieselfeuchtigkeit durch den Zusatz einer Säure keinen Niederschlag giebt, ist doch kaum aus der feinen Vertheilung der Kieselerde, worin sie sogar durch das Filtrum gehen sollte, hinreichend erklärt. Die glühenden Stäubchen, welche bei dem Zusammenschlagen von Kiesel mit Kiesel hervorgebracht werden, und welche kohliger Natur zu seyn scheinen, mögten doch wohl auch durch Stäubchen aus der Luft etwas oberflächlich erklärt seyn, und lassen eine Analyse des Kiesels eben so sehr hoffen als wünschen. So sind wir dann, aus der Reihe der Basen, durch eine

allmählige Progression in die Reihe der Säuren hinüber gekommen. Dasz diese Progression nicht ohne Lücken war, wissen wir sehr wohl. Gewisz haben wir noch mehr Entdeckungen einzelner Erdarten und auch wohl anderer Basen zu erwarten. Vielleicht müssen auch die Metallkalke in diese Reihe aufgenommen werden. Wir haben schon oben auf die Möglichkeit hiervon aufmerksam gemacht. Und nicht einmahl der dort aufgestellten Gründe bedürften wir hierzu. Denn es versteht sich doch von selbst, dasz wir eben so berechtiget seyn müssen, eine Base mit metallischem Substrate unter die Basen zu rechnen, als wir es sind, die Säuren mit einem solchen Substrate in die Reihe der andern Säuren aufzunehmen. Es liesze sich nur eine gründliche Einwendung hiergegen machen, wenn es nämlich bewiesen, oder doch wahrscheinlich gemacht werden könnte, dasz die Metalloxyde vermittelst eines andern Prinzips Basen sind, als die Erden.

Wir könnten nun zwar von dem Puncte, wo wir angelangt sind, in die Reihe der Säuren aufsteigen, wie wir in die der Basen herabstiegen; es ist aber räthlicher, erst die Körper zu betrachten, worin der Character der Acidität sehr hervorstechend ist, und sich daher klärer zeigt. Wir werden demnach, auch in der Reihe der Säuren, von den stärksten anfangen, und endlich am Schlusse bei den schwächsten Basen ankommen, um so die beiden Reihen in Eine zusammenzuschmelzen.

Nach dem, was wir schon oben über chemische Masse und chemische Intensität gesagt, können wir eben so wenig hoffen, ein Maasz der Acidität, als der Basicität, zu entdecken. Wir müssen uns also hier abermahls mit Analogieen und Zusammenstellungen behelfen. Man hat zwar angenommen, dasz eine Säure, welche eine andere aus ihren Verbindungen heraustreibt, die stärkere seyn sollte, wir wissen aber jetzt, wie viel die Tendenz einer Säure zur Luftform, zur Festigkeit u. dgl. darauf Einflusz haben. So z. B. folgt es gar nicht, dasz die Schwefelsäure stärker seyn solle als die schwefelige, weil jene diese aus ihren Verbindungen mit den Basen trennt; denn es ist nur nöthig, dasz die Summe aus der chemischen Anziehung der Schwefelsäure zur Base, und der Tendenz der schwefeligen Säure zur Luftform, gröszer sey als die Anziehung der schwefeligen Säure zur Base. Doch solche Bemerkungen dürfen seit *Berthollet's* und *Winterl's* Arbeiten Niemand mehr neu seyn. Eben so wenig können wir jetzt annehmen, dasz dasselbe Substrat mit

seinem Maximum von Sauerstoff saurer seyn müsse, als dasselbe mit weniger Sauerstoff verbunden. Wir können uns hier abermahls auf *Winterl's* Arbeiten berufen, aber des Zusammenhanges wegen mag wenigstens so viel hier bemerkt werden. Ungeachtet wir kein Maasz der Acidität besitzen, so giebt es doch Säuren so verschiedener Stärke, dasz ein jeder, durch die unmittelbarste Beobachtung und die leichtesten Versuche, gleich die eine für stärker, die andere für schwächer erklärt. Die schwächsten wirken nur sehr wenig auf die Metalle, und nur auf solche, welche sich in der galvanischen Reihe am meisten dem positiven Pole nähern. Die stärkern hingegen wirken auch auf die sich negativer verhaltenden. Nur sehr wenige wirken auf das Gold. Diese sind: die oxydirte Salzsäure, die salpetrige Säure, die schwefelige Säure.[1] Es ist also zu vermuthen, dasz diese die stärksten sind. Sie stehen aber auch alle auf derselben Stufe der Oxydation. Dasz dieses mit der salpetrigen und schwefeligen Säure der Fall sey, wird jeder sogleich eingestehen, von der oxydirten Salzsäure wird man es aber auch gestehen, wenn man sich erinnert, dasz *Berthollet*, und nach ihm *Chenevix*, bewiesen haben, dasz es einen noch höhern Oxydationsgrad der oxydirten Salzsäure giebt, wo sie also nach dem jetzigen Sprachgebrauch hyperoxydirt zu nennen ist. Die salpetrige Säure, wenn sie nicht mit Salpetersäure vermischt ist, ist dampfförmig oder gasförmig, wenn man es so nennen will; die schwefelige Säure und die oxydirte Salzsäure ebenfalls. Die hyperoxydirte Salzsäure aber, die Schwefelsäure und die Salpetersäure sind tropfbarflüssig. Die drei oft genannten Säuren destruiren die Pflanzenfarben, nur dasz die salpetrige eine neue hinzufügt, was die andern nicht thun, daher sie zum Bleichen geschickt sind. Von der oxydirten Salzsäure und der schwefeligen ist es bekannt, dasz sie die Ansteckungsgifte vernichten, mit der eigentlichen salpetrigen Säure haben wir hingegen keine Versuche. Auch würden diese wahrscheinlich fruchtlos seyn, weil sie so schnell mehr Sauerstoff aus der Luft an sich zieht. Dasz auch die Dämpfe der Salpetersäure die Ansteckungsgifte vernichten, ist hiergegen keine Einwendung; denn wir wollen gar nicht den andern stärkern Säuren alles Gemeinschaftliche mit jenen dreien absprechen. Um den Platz der phosphorigen Säure zu bestimmen, dürften die Versuche, welche wir vor uns haben, nicht

[1] Der zusammengesetzten Säure, welche wir Königswasser nennen, brauchen wir hier nicht zu erwähnen. O.

hinreichen, indem die Chemiker kaum einmahl sich bemüht haben, diese Säure rein darzustellen, welches auch mit eigenen Schwierigkeiten verknüpft ist.

Auch um die Stelle der hyperoxydirten Salzsäure zu bestimmen, haben wir nicht Data genug. Wenn wir aber daraus etwas schlieszen dürfen, dasz sie die Pigmente nicht zerstört, so müssen wir sie doch jenen drei ersten nachsetzen. Es ist aber kaum zu bezweifeln, dasz sie, nach den vorher sogenannten unvollkommenen, die erste seyn müsse. Wo die gemeine Salzsäure hinzustellen sey, ist aus einer andern Ursache schwierig. Man musz nämlich vermuthen, dasz sie weit stärker wirken könnte, wenn sie so concentrirt und wasserfrei erhalten werden könnte, wie die Salpeter- oder Schwefelsäure. Jetzt aber steht sie unleugbar beiden nach. Wir mögen den Platz der Salzsäure daher unbestimmt lassen, übrigens aber nach der hyperoxydirten Salzsäure die Salpetersäure, nach dieser aber die Schwefelsäure folgen lassen. Die Wirkung beider auf die Metalle wird wohl jeden Chemiker uns beistimmen lassen. Nach diesen setzen wir die Phosphorsäure. Ihre ziemlich kräftige Acidität auf der einen Seite, und auf der andern ihre schwächere Wirkung auf die Metalle, ihr Mangel an ätzender Kraft, wovon die vorhergehenden so viel besitzen, wird diese Ordnung rechtfertigen. Die Arseniksäure verdient unmittelbar nach der Phosphorsäure ihren Platz, wenn sie nicht gar verdient, ihr vorangesetzt zu werden. Dasz sie aber schwächer als die Salpetersäure oder Schwefelsäure ist, wird wohl jeder Chemiker eingestehen, wenn er anders über die Art, die Stärke der Säuren zu schätzen, mit uns einig ist. Ob die Chromsäure hier eine Stelle haben musz, oder noch höher zu stehen verdient, ist nach unsern bisherigen Kenntnissen kaum auszumachen. Es würde daher unnütz seyn, uns lange durch eine Untersuchung aufzuhalten, deren Resultat doch nur schwankend seyn könnte. Die Molybdänsäure erscheint in allen ihren Wirkungen als eine schwächere Säure als die vorhergehenden, und die Wolframsäure musz abermahls dieser nachstehen. Dasz wir den übrigen metallischen Säuren nicht auch einen Platz anweisen können, ist eine natürliche Folge unserer geringen Kenntnisz derselben, da wir kaum mehr von ihnen als ihre Existenz wissen. Warum wir nicht die vegetabilischen und animalischen Säuren hier mit aufgestellt haben, wird sich aus dem Folgenden ergeben; dasz wir aber die Kohlensäure übergangen haben, rührt daher,

dasz wir, aller Untersuchungen ungeachtet, ihre Intensität doch nicht zu bestimmen wissen. Denn sie ist selbst im luftförmigen Zustande mit Wasser verbunden, wie *Winterl* und *Berthollet* gezeigt haben, sie kann in keinem sonderlichen Grade condensirt werden, und wenn sie in Verbindungen mit den Basen ohne Wasser ist, hält sie sich darin so fest, dasz sie sich nicht unzerstört davon trennen läszt.

Es möchte scheinen, dasz wir in der Aufstellung dieser Reihe nicht so starke Gründe zur Bestimmung hatten, als bei der Reihe der Basen. Wir haben uns aber nur enthalten, die Gründe weitläuftiger zu entwickeln, weil wir glaubten, dasz hier alles evidenter sey. Wenn man nur bedenkt, dasz, auszer dem, was wir schon oben angegeben, die Schnelligkeit aller Wirkungen so sehr über die Intensität entscheidet, und sodann sich erinnert, welche bedeutende Wirkungen die stärkern Säuren auf Oele, auf Alkohol, und überhaupt auf Producte der organischen Natur haben, und wenn man in Erwägung zieht, wie alle diese Wirkungen in der hier aufgestellten Reihe der Säuren abnehmen, so wird man kaum dieser Ordnung seine Beistimmung versagen. Noch giebt es eine andere sehr wichtige Probe, welche sowohl für die Stärke der Säuren als die der Basen gilt. *Winterl* hat nämlich bewiesen, und die galvanischen Versuche bestättigen es, dasz die entgegengesetzten Electricitäten die Principien der Acidität und Basicität sind, und dasz ihre Vereinigung Wärme hervorbringt. Könnten wir also die Wärme, welche durch die Verbindung der verschiedenen Säuren und Basen entsteht, bestimmen, so würde dieses wahrscheinlich ein Maasz an die Hand geben. Wir haben aber bisher blosz zufällige Bemerkungen über diesen Gegenstand. Was wir aber wissen, stimmt sehr gut mit allem, was wir bisher angenommen. Jeder Chemiker wird sich aus seiner Erfahrung erinnern, dasz es eben die Säuren sind, welche wir für die stärksten erklärt, welche auch mit den Basen die meiste Wärme, und eben insonderheit mit den stärksten Basen hervorbringen. Wenn wir die allgemeinen Gesetze aus der ganzen Physik hier aufstellen könnten, und so bewiesen, dasz Wärme durch Indifferenzirung hervorgebracht wird,[1] so würde vielleicht der Gedanke, die Wärme als Maasz der Differenzen zu gebrauchen, nicht ganz unwichtig scheinen.

[1] Dasz die Wärme nicht blosze Indifferenzirung sey, sondern dasz in der Wärme ein Uebergewicht von + E, in der Kälte von — E Statt findet, geht aus *Ritter's* vortrefflichen Untersuchungen hervor. O.

Gegen das, was wir bisher aufgestellt haben, liesze sich eine sehr gründlich scheinende Einwendung machen. Man könnte nämlich behaupten, jeder Körper gehe um so viel leichter chemische Verbindungen ein, das ist, habe um so viel gröszere chemische Wirkungen, je weniger Cohärenz er besitzt. Daher, könnte man hinzusetzen, ist die aufgestellte Reihe der Säuren und Basen nichts als die Reihe ihrer Cohäsionen. Zwar liesze sich hierauf kurz antworten, dasz diese Voraussetzung bei weitem nicht alles erkläre; man könnte uns aber entgegenstellen, dasz sie doch genug erklärte, um den Hauptfaden unserer Reihe zu zerreiszen, wenn wir dieses wegnehmen wollten. Wir können aber tiefer auf den Grund der Sache kommen. Fürs erste mögten wir fragen: Woher kommt denn die Cohäsion? Ist diese denn etwas von allen andern Eigenschaften der Stoffe Unabhängiges, oder ist sie nicht weit eher das Resultat der gesammten innern Kräfte? Wir können uns die Sache so vorstellen: das ganze Bestehen und Seyn eines Körpers ist das Product innerer Kräfte. Je vollkommener diese im Gleichgewicht sind, je vollkommener beschränken sie sich wechselseitig auf einen gegebenen Raum, und um so viel gröszer wird die Kraft seyn müssen, welche die Existenz des Körpers in diesem Raume modificiren soll. Daher mechanische Cohärenz und chemischer Widerstand gleich sind, in so fern keine andern Umstände einflieszen. Die gröszte chemische Differenz wird also mit der geringsten Cohäsion vergesellschaftet seyn. Dasz dieses in unserer Reihe sich so verhält, ist klar; nur käme es darauf an, zu beweisen, dasz die Cohärenz von der chemischen Qualität abhänge, und nicht umgekehrt diese von jener. Hier entscheiden aber die Experimente auf eine sehr ausgezeichnete Weise.[1] Alle luftförmige Säuren werden durch die Verbindung mit der einzigen luftförmigen Base fest. Mit allen übrigen Basen condensiren sich die luftförmigen Säuren, und selbst die nicht-luftförmigen sind in ihrer Neutralisation einer Verdichtung unterworfen. Umgekehrt condensirt sich auch das Ammonium mit allen nicht-luftförmigen Säuren, so dasz wirklich Condensation eine nothwendige Folge der Indifferenzirung zu seyn scheint. Es würde nicht leicht seyn, alle mögliche Einwendungen im voraus zu heben; wir wollen blosz auf die Allgemeinheit dieses Gesetzes aufmerksam machen. Das Wasser wird nämlich durch die entge-

[1] Wir wollen vorsätzlich uns hier nicht auf die Resultate der Naturphilosophie berufen, welche so vollkommen hiermit übereinstimmen. O.

gengesetzten Electricitäten in Wasserstoffgas und Sauerstoffgas verwandelt, wogegen die Indifferenzirung beider sie wieder zu Wasser contrahirt. Eben so sind alle Verbrennungen, welche auch Indifferenzirungsacte sind, mit Contractionen vergesellschaftet. Wenn auch in einigen Fällen der verbrannte Körper scheint expandirt zu seyn, so ist dieses nur Schein, weil der Körper im Sauerstoffgas aufgelöst worden. Dieses erkennt man auch daran, dasz eine innigere Verbrennung darauf oft die wahre Contraction hervorbringt. Es ist bekannt, dasz einige hieraus geschlossen haben, dasz der Sauerstoff das contrahirende Princip in der Natur sey.

Beim ersten Anblick mögte es scheinen, dasz wir uns nur aus einer Schwierigkeit herausgezogen, um uns in eine neue zu verwickeln; denn anfangs nahmen wir an, dasz die Cohäsion die chemischen Wirkungen modificire, jetzt aber behaupten wir, dasz die chemische Natur des Körpers die Cohäsion bestimme. Dies kommt aber daher, dasz wir erst die Verhältnisse nach dem bloszen Schein beurtheilten, und die Phänomene einzeln aufstellten, ohne eine Ableitung des einen aus dem andern zu versuchen. Wir stellten uns die Sache so vor, als wie wenn Körper seyn Eins wäre, Cohäsion haben, chemische Kräfte haben, ein Anderes, und so musz man sich die Sache vorstellen, wenn man von Auszen nach Innen gehen will. In der That aber ist das, Körper zu seyn und jene Kräfte zu haben, eins und dasselbe. Oder, um noch deutlicher zu seyn, die Kräfte existiren nicht durch den Körper, sondern der Körper ist nichts als das Product dieser Kräfte. Die Cohäsion ist also an sich nicht retardirende Kraft der chemischen Wirkung, sondern ihr Grad ist Kennzeichen der Innerlichkeit des Indifferenzirungsactes, folglich ist es zugleich Maasz des Widerstandes gegen jede äuszere Kraft, welche die Richtung der innern Kräfte zu stören sucht. Es kann aber Niemand, der mit dem Geiste der Naturforschung vertraut ist, wundern, dasz wir, auf einem niedern Standpunct anfangend, das für Ursache nehmen, was auf einem höhern Standpuncte als Wirkung erscheint.

Wir haben bisher die Reihe der Säuren und Basen aufgestellt, ohne auf die Principien derselben zu sehen. Zum völligern Verständnisz ist es aber nöthig, dasz wir, so viel wie möglich, in die innere Natur derselben einzudringen suchen. Es ist eine ausgemachte Thatsache, von den einsichtsvollesten Antiphlogistikern selbst eingestanden, dasz der sogenannte Sauerstoff in vielen Fäl-

len nicht säuert, und dasz umgekehrt mehrere Körper sauer sind, ohne Sauerstoff. Man ist daher nicht abgeneigt, die Lehre von diesem Stoffe, als säurendem Princip, ganz aufzugeben. Die Thatsachen aber, welche zu der Annahme der säurenden Kraft der Lebensluftbasis Veranlassung gegeben, sind zu merkwürdig, und zu sehr zusammenhängend, als dasz wir sie jetzt, ohne irgend ein Resultat daraus zu ziehen, wegwerfen sollten. Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Schwefel, mehrere Metalle, neun oder zehn, in so manchen Stücken heterogene Körper, werden durch ihre Verbindung mit Sauerstoff sauer. Die gemeinschaftliche Eigenschaft, welche diese Körper durch die Verbrennung bekommen, ist doch wohl eher dem gemeinschaftlich hinzukommenden Körper, als irgend einem andern zuzuschreiben. Auf der andern Seite aber sehen wir, dasz der Sauerstoff nicht allein in manchen Verbindungen keine Acidität hervorbringt, sondern dasz er sogar unter gewissen Umständen Basicität bewirkt. Wir sehen dieses an denen Metallkalken, welche in einem gewissen Verhältnisse mit dem Sauerstoffe als Basen wirken und die Acidität der Säuren aufheben. Mit einem gröszern Verhältnisse von Sauerstoff vermindert sich ihre Fähigkeit, die Säuren abzustumpfen, und einige werden mit ihrem Maximum von Sauerstoffgehalt wirklich sauer. In einer und derselben Klasse bringt der Sauerstoff also ganz entgegengesetzte Wirkungen hervor. Daraus zu schlieszen, dasz der Sauerstoff seinen Namen nicht verdiene, ist nicht genug; denn wir sehen hier deutlich einen regelmäszigen Gang der Phänomene, welcher aber nicht ohne Gesetz seyn kann.

Der Stickstoff, welcher mit Sauerstoff zur Säure wird, giebt mit dem Wasserstoffe eine Base, nämlich das Ammonium. So einzeln auch dieser Versuch da steht, so giebt er doch Veranlassung, den Wasserstoff in dasselbe Verhältnisz zu den Basen zu stellen, wie wir den Sauerstoff zu den Säuren schon lange gestellt haben. Dieses können wir um so viel mehr, da wir wissen, dasz der Wasserstoff der einzige Körper ist, welcher den Sauerstoff vollkommen neutralisirt, (das Wort in einer weitern Bedeutung genommen, als es bisher gewöhnlich war). Es hat auch nicht ermangelt, dasz schon mehrere dieses eingesehen haben. Eben dieser Wasserstoff giebt aber mit dem Schwefel eine Säure. Aber auch hier haben wir nur ein einziges entscheidendes Beispiel. Wir können also hier nur mit Hülfe der analogischen Erfahrungen über den Sauer-

stoff schlieszen, dasz ein ähnlicher Gegensatz auch in der Reihe der Hydrogenationen Statt findet. Es ist auch kein Wunder, wenn wir so wenig von den Hydrogenationen wissen, da diese bisher so wenig in unserer Macht standen.

Das Resultat von diesem Allen ist, dasz ein Stoff in einem gewissen Grade der Verbindung eben das Gegentheil von dem bewirken kann, was er in einem andern Zustande that. Ein solches finden wir aber nur in dem Galvanismus wieder. Es ist daher nothwendig, dasz wir unsern Gegenstand damit in Verbindung setzen. Dieser Zusammenhang wird zwar von vielen Physikern schon eingestanden; vielleicht würde aber doch eine, wenn auch sehr gedrängte Uebersicht des dahin Gehörigen nicht ganz ohne Nutzen seyn, und Vielen auch wohl etwas Neues lehren.

Es ist bekannt, dasz, wenn man die Pole einer einfachen galvanischen Kette, oder einer nicht sonderlich starken Säule mit der Zunge in Verbindung setzet, man dann auf dem Theile, welcher dem positiven Pole zugekehrt ist, einen sauren Geschmack, durch den entgegengesetzten Pol aber einen alkalischen erhält. Ist aber die Säule sehr stark, z. B. 100 Kupfer-Zink-Platten mit Salmiakauflösung, so erhält man dadurch das Umgekehrte, also den alkalischen oder basischen Geschmack bei dem positiven Pole, den sauren aber bei dem negativen. Es findet sich hier eine vollkommene Analogie mit der Electricität, in so weit nämlich, als diese bei schwachen Graden blosz ihren Gegensatz erweckt, was wir Vertheilung nennen, bei stärkern aber nicht allein diesen Gegensatz tilgt, sondern die ihr gleiche Electricität hervorbringt. Nicht also der positive Pol, welcher bei schwachen Graden Säure erregt, sondern der negative, welcher bei stärkern Graden Säure hervorbringt, ist im Besitz des Säureprincips, so wie hingegen der positive Pol das Princip der Basicität enthält. Dasz eine Spitze, welche, wie man es nennt, positive Electricität ausströmt, einen sauren Geschmack auf der Zunge hervorbringt, scheint mir hiergegen nichts zu beweisen. Denn der Mechanismus der electrischen Wirkungen ist ja so beschaffen, dasz der positive Körper erst die negative Electricität in einem andern Körper erreget, dann erst sie wieder aufhebet. Nun geschiehet aber wahrscheinlich die Indifferenzirung der kleinen Quantität, welche aus einer solchen Spitze ausströmen kann, auf der Oberfläche der Zunge, und nicht in den Geschmacksnerven, so dasz

also diese während der ganzen Operation negativ verbleiben, indem das, was auszer der Oberfläche sich befindet, positiv ist.

Die galvanische Säule aber theilet auch dem Wasser eine Polarität mit, so dasz es sich an dem positiven Pole der Säule in Sauerstoffgas, auf dem negativen in Wasserstoffgas verwandelt. Dieses ist aber vollkommen analog mit einer andern, auch von *Ritter* entdeckten Thatsache, dasz nämlich ein fester Körper, wie ein Metall, auch in Verbindung mit der Säule geladen wird, und dann ebenfalls auf dem einen Pole brennbarer wird, auf dem andern aber weniger brennbar. Wir dürfen hier auch annehmen, dasz die Säule nur nach der Electrisirung des ersten Grades (Vertheilung) wirke, dasz also der Sauerstoff der negative Pol des Wassers, der Wasserstoff aber der positive Pol seyn musz. Dieses wird auch dadurch bestättiget, dasz die Metallreductionen, welche durch den Hydrogenpol der Säule entstehen, die vegetativen Formen an sich haben, welches ganz mit den positiv-electrischen Staubfiguren übereinkommt.

Die Neutralsalze werden durch die galvanische Säule zur sauren und basischen Polarität gebracht. Alle galvanische Versuche mit den Neutralsalzauflösungen beweisen dieses. Dem positiven Pol gegenüber erscheint die Säure, dem negativen gegenüber die Base. *Hisinger* und *Berzelius* haben über diesen Gegenstand eine sehr schöne Reihe von Versuchen mitgetheilt (Neues allg. Journal d. Chemie, B. 1. S. 115—149.), woraus dieses deutlich hervorgehet. Alle ihre Versuche geben dasselbe Resultat, besonders aber ist der Versuch mit dem schwefelsauren Kali nicht leicht mehrern Deutungen unterworfen.

Nehmen wir also an, dasz die positive Electricität Princip des Wasserstoffs und der Basicität ist, die negative aber als Princip der Acidität anzusehen, so folgt, dasz der positive Pol den Sauerstoff und die Säuren anziehen müsse, der negative aber den Wasserstoff und die Basen. — Wir sind nun bei einem Puncte angekommen, wo wir die Principien der Acidität und Basicität kennen lernen, als Principien der Electricität. Diese Principien sind in allen Körpern anzutreffen, und von ihrem Wesen nicht zu trennen. Wir werden aber darum doch nicht behaupten, dasz alle Körper Säuren oder Basen sind; denn es kommt nicht blosz darauf an, dasz diese Principien da sind, sondern auch, wie sie da sind. Wir würden sonst sogar von den farbigen Strahlen des Lichtes behaupten müs-

sen, dasz die sauer oder basisch wären. Nun würde dieses uns zwar, als Paradoxon, nicht erschrecken, wir würden uns aber dadurch in sehr viele Schwierigkeiten verwickeln. Denn mit eben demselben Rechte, womit wir einen Körper mit einem Uebermaasz des positiven Princips Base nannten, könnten wir auch sagen, dasz er innerlich violet wäre, und dasz man sich nur nicht um den äuszern Schein zu kümmern habe, weil Ursachen da seyn könnten, welche die Erscheinung der Farbe hinderten. Nun ist es zwar unwidersprechlich, dasz wir uns nicht durch die Erscheinung sollen hindern lassen, das innere Princip zu suchen. Wenn wir aber einmahl das Princip gefunden haben, und zugleich sehen, dasz dasselbe sich unter den verschiedensten Formen offenbart, wie z. B. als Licht, als Wärme, als Electricität, als Magnetismus, u. s. w., so ist es wohl Zeit, diese Formen genau zu unterscheiden, und sie nicht wegen des Gemeinschaftlichen unter einander zu werfen. Die erste Abstraction musz zwar alles verallgemeinern; wer aber sich in Besitz des Allgemeinen gesetzt hat, musz wieder alles sondern, um eine Construction, und nicht eine Leere zu erblicken. Was eine Säure, was eine Base sey, ist also bei weitem nicht durch die Aufweisung ihrer Principien, welche allgemeine Naturprincipien sind, ausgemacht. Es kommt nicht auf ihr Daseyn in einem Körper an, denn sie sind in allen Körpern da, sondern auf die Art ihres Daseyns. Noch sind wir also weit davon entfernt, das innere Wesen der Säuren und Basen zu kennen. Wir haben bisher nur gesehen, dasz der Sauerstoff in einem gewissen Verhältnisse mit den Metallen, Basen, in einem andern aber Säuren darstellt, und dann haben wir bemerkt, dasz nicht blosz der Sauerstoff sein Wesen einem der electrischen Principien zu verdanken hat, sondern dasz alle Acidität und Basicität durch dieselben hervorgebracht werden. Das Auffallende aber, dasz dasselbe Princip entgegengesetzte chemische Qualitäten hervorbringen könne, ist noch nicht hinlänglich mit den andern Naturerscheinungen in Verbindung gesetzt worden. Wir haben zwar die Bemerkung gemacht, dasz eine schwache Electricität nur ihren Gegensatz erregt, eine stärkere aber ihr Gleiches hervorbringt; dieses aber ist nicht erschöpfend. *Ritter* hat nicht nur gezeigt, dasz alle Sinnenerscheinungen durch stärkere Grade des Galvanismus sich umgekehrt zeigen, sondern er hat durch sehr vielfältige Versuche dargethan, dasz es zwei Arten der Irritabilität giebt, welche auf entgegenge-

setzte Weise afficirt werden. Diese zwei Arten der Irritabilität finden sich nicht blosz in der organischen Natur, sondern auch in der anorganischen; denn die Electricitäten, welche ein flüssiger Körper mit einem starren in dem ersten Berührungsmomente giebt, kehren sich in die entgegengesetzten um, wenn die Wirkung anfängt inniger zu werden. In jenem Falle ist die Wirkung auf die Erregbarkeit erster Art gerichtet, in diesem aber auf die Erregbarkeit zweiter Art.

Die Wirkung des Sauerstoffs auf die Metalle geht also auch, höchst wahrscheinlich, in den ersten Oxydationsgraden, auf die Erregbarkeit erster Art, in den letztern auf die Erregbarkeit zweiter Art. Der Sauerstoff ist nämlich in Besitz des wahren Säureprincips. Wenn er aber auf die Erregbarkeit erster Art zu wirken kommt, so erregt er nur seinen Gegensatz, giebt also Basicität, auf dem zweiten Grad bringt er sein Gleiches hervor, und da giebt es erst Acidität. Dasz einige Metallkalke, auf einer Mittelstufe der Oxydation, adiaphor sind, ist leicht aus dem Obigen zu begreifen. Man könnte uns zwar hiergegen einwenden, dasz *Ritter* eine jede chemische Wirkung für eine Erregung der zweiten Art hält, mithin die ersten Oxydationsgrade wie die letztern nach derselben Erregbarkeit geschahen. Dieses ist aber nur eine Einwendung dem Buchstaben, nicht dem Sinne, nach; denn *Ritter* gestehet deutlich genug, dasz die Erregbarkeit ersterer Art nicht in einem Momente von dem der zweiten Art überwunden wird, was auch unmöglich wäre. Es ist also sehr wohl möglich, dasz in den ersten Oxydationsgraden die Erregbarkeit erster Art noch das Uebergewicht haben kann. Dasz die Erregbarkeit erster Art so schnell bei der Auflösung der Metalle in den Säuren erschöpft wird, könnte daher kommen, dasz das Metall nicht allein oxydirt, sondern zugleich aufgelöst wird, in welchem doppelten Act nicht blosz darauf zu sehen ist, was Sauerstoff mit Metall, sondern auch was Metallkalk mit Säure macht. Merkwürdig ist es, dasz die Metalle, welche so sehr gute Leiter sind, durch die ersten Grade der Oxydation zwar sehr an Leitungsfähigkeit abnehmen, in den höchsten Graden aber wieder gute Leiter werden, wie *Ritter* erst allgemein bemerkt hat.

Gehen wir nun zu den Verbindungen des Wasserstoffs über, so erscheint uns dasselbe Verhältnisz. Da dieser Stoff sein Wesen dem Principe der Basicität verdanket, so musz er da, wo er auf die Erregbarkeit zweiter Art wirkt und die sonstigen Bedingungen da

sind, Basicität erzeugen. Wo er aber auf die Erregbarkeit erster Art wirkt, und also nur seinen Gegensatz hervorbringt, da musz er Säure erzeugen. Wir haben schon oben bemerkt, dasz wir so wenig von den Verbindungen des Wasserstoffs wissen. Das einzige gewisse Beispiel der Säurung durch Wasserstoff, welches wir haben, ist die des Schwefels, und noch fehlt es uns an anderweitigen Gründen für die Behauptung, dasz diese Verbindung nach der Erregbarkeit erster Art geschehen sey, wir müssen uns mit der Analogie begnügen. Es ist sehr wahrscheinlich, dasz die Blausäure zu derselben Klasse gehören müsse; wenigstens hat man bisher ihren Sauerstoffgehalt nicht beweisen können. Vielleicht könnten wir noch diese Vermuthung sehr ausdehnen; denn es ist gar nicht unmöglich, dasz die Pflanzensäuren durch Hydrogen Säuren sind. So viel ist wenigstens gewisz, dasz die Salpetersäure, welche die schwächern Pflanzensäuren in stärkere verwandelt, mehr durch Decarbonisiren als durch Oxydiren ihre Wirkung zeigt. Der Wasserstoff ist auch in verhältniszmäszig gröszerer Menge darin als der Sauerstoff; denn es ist nicht einmahl genug des letztern da, um allen darin enthaltenen Kohlenstoff zu oxydiren, sondern ein sehr groszer Theil des Kohlenstoffs geht bei der Zersetzung dieser Säuren mit dem Wasserstoff fort; ein anderer Theil bleibt als Kohle zurück, abermahls ein anderer geht mit Wasserstoff zu einem Oele über. Zwar wird hierbei auch Essig hervorgebracht, aber der Sauerstoff desselben könnte unmöglich eine vollkommene Sättigung des Kohlenstoffs und Wasserstoffs der andern Producte bewirken; im Gegentheile können die Bestandtheile dieser Säure noch mehr Sauerstoff aufnehmen, und sie macht daher keine Ausnahme von den Pflanzensäuren im Allgemeinen, welche alle mehr oder weniger brennbar sind. Man könnte daher annehmen, dasz der Sauerstoff dieser Säuren nur mit einem kleinen Theile Wasserstoff, als gebundenes Wasser, zugegen wäre. Eben dieses alles läszt sich, wie leicht zu ersehen ist, auch auf die thierischen Säuren anwenden. Verhielte sich dieses aber alles so, dann wären wir vollkommen berechtigt, die vegetabilischen und animalischen Säuren zu einer ganz andern Classe zu rechnen als die andern, welche sodann durch das entgegengesetzte Princip sauer wären. Wenn aber auch dieses nicht wäre, so könnten wir sie doch nicht in jene Reihe aufnehmen, weil sie nirgends darin passen würden, weder im Anfange, oder in der Mitte, noch am Schlusse. Auch können sie eine

Reihe für sich ausmachen. Ordnen wir sie nach ihrer Flüchtigkeit, so wird die Reihe ungefähr folgende seyn: Blausäure, Ameisensäure, Essigsäure, Benzoesäure, Bernsteinsäure, Korksäure, Gallussäure, Sauerkleesäure, Weinsteinsäure, Citronensäure, Aepfelsäure, Blasensteinsäure, Milchzuckersäure. Die erste dieser Säuren ist luftförmig, die zwei darauf folgenden flüchtig mit starker Anziehung gegen das Wasser. Darauf folgen mehrere, welche zwar eine geringere Anziehung zum Wasser haben, aber doch bei einer Wärme, welche sie nicht zerstört, flüchtig sind. Die Gallussäure hat schon diese Eigenschaft nicht vollkommen, die Sauerkleesäure wird schon meistens durch die Wärme zersetzt, ehe sie verflüchtiget wird, und alle die übrigen werden fast ganz zerstört, ehe sie verflüchtiget werden können. Die Anziehung der letzten zum Wasser ist auch sehr geringe. Wir können noch die Hydrothionsäure an die Spitze des Ganzen stellen, da sie doch häufig in dem thierischen Körper hervorgebracht wird. Es ist aber sehr schwer, zu untersuchen, ob auch die wirkliche Stärke der Säuren dieser Reihe in derselben Ordnung fortgehet, wie die Eigenschaft, wornach wir die Stellen bestimmt haben. Da unsere Organe es vertragen, alle diese Säuren, auch in ihrer höchsten Concentration, zu schmecken, so dürfte dieses uns vielleicht ein Mittel zur Bestimmung an die Hand geben, wenigstens in Ermangelung etwas bessern. Wir finden aber, dasz die Säuren der ersten Klasse, welche am meisten Acidität besitzen, wie die schwefelige Säure, die oxydirte Salzsäure, eben nicht den stärksten sauren Geschmack hatten, sondern sie zeichneten sich vielmehr durch etwas sehr Pikantes aus. Die Säuren aber, welche in der Mitte dieser Klasse sich befanden, hatten, auch noch so verdünnt, den eigentlich sauren Geschmack in sehr hohem Grade. Die letzten Glieder aber besitzen überhaupt einen schwächern Geschmack, bis dieser in der Wolframsäure fast erlischt. Durchaus so verhält es sich aber auch mit der hier aufgestellten zweiten Reihe der Säuren. Die ersten zeichnen sich mehr durch ihren reitzenden als ihren sauren Geschmack aus, auch die Essigsäure nicht ausgenommen, wenn sie nur wasserfrei ist. Die Sauerklee-, Weinstein-, Citronen- und Aepfelsäure haben einen blosz sauren Geschmack in der angegebenen Ordnung, und endlich besitzen die zwei letzten einen sehr schwachen Geschmack. Wollten wir noch weiter gehen, (und warum sollten wir nicht eine Analogie bis aufs äuszerste ver-

folgen?) so könnten wir noch das Talg, das Fett, die fetten Oele mit zu den Säuren rechnen. Sie stumpfen ebenfalls die Basen ab, wovon die Seife ein hinlängliches Beispiel abgiebt. Auch Metallkalke lösen sie auf, oder gehen sonst chemische Verbindungen mit ihnen ein, wodurch sie eine neue Analogie mit den Säuren darstellen. Nimt aber der Wasserstoff zu sehr in den Oelen überhand, so treten sie aus der Klasse der Säuren gänzlich heraus und nähern sich den Basen, durch Wasserstoff, wie wir an den ätherischen Oelen sehen. Wenn wir annehmen dürften, was während der Untersuchung mehr und mehr wahrscheinlich geworden, dasz diese zweite Klasse der Säuren ihr Wesen dem Wasserstoff verdanke, so müszten wir dieser Reihe die Reihe der Metalloxyde, welche durch Sauerstoff Basen sind, gegenüberstellen.

In der Reihe der Metalloxyde aber werden die aus den brennbaren Metallen entstandenen Basen die stärkern seyn, eben so wie unter mehrerern Oxyden desselben Metalls das am schwächsten oxydirte die gröszte Basicität besitzen musz; denn es soll durch die Oxydation nur die innere Hydrogeneität des Metalls erregt, nicht aber erschöpft werden. Ein jeder weisz, wie sehr die Erfahrung diesem beistimmt, so wohl dadurch, dasz die oxydirtern Metallbasen auch die mehr kaustischen, d. h. weniger neutralen, Salze mit den Säuren geben, als auch indem die Oxyde der sehr wenig brennbaren Metalle ebenfalls die mehr kaustischen Salze geben. Da die Thatsachen, worauf wir uns hier zu berufen haben, nicht allein sehr bekannt, sondern auch in einem solchen Zusammenhange dargestellt sind, wie wir sie brauchen, und nur die Deutung etwas Neues haben mögte, so wollen wir hier keinen Versuch machen, die Reihe der Metalloxyde wirklich aufzustellen, und können dessen um so viel mehr überhoben seyn, da einerseits diese Auseinandersetzung sehr weitläuftig seyn würde, anderseits wir aber gegenwärtig mehr anzudeuten als auszuführen versuchen können und wollen.

Um nun einen Namen für die hier aufgestellte Untersuchung der zwei Klassen der Säuren und Basen zu haben, würde es ohne Zweifel schicklich seyn, den Säuren, welche ihr Wesen dem Sauerstoffe verdanken, eine directe Acidität zuzuschreiben, denen aber, welche durch Wasserstoff gesäuert worden, eine indirecte Acidität beizulegen, und nach demselben Grundsatze die Basen durch Wasserstoff als Körper mit directer Basicität, die aber

durch Sauerstoff, als Basen mit indirecter Basicität, zu bezeichnen.

Zum Schlusse sey es dem Verfasser noch erlaubt, eine historische Bemerkung über die Entstehung dieser Untersuchung zu machen. Die hier aufgestellte Reihe der Basen directer Basicität ist ungefähr dieselbe, welche *Steffens* in seinen Beiträgen zur innern Naturgeschichte der Erde aufgestellt hat. Leute, welche ohne Einsicht der Sache doch über gelehrte Verhältnisse urtheilen wollen, könnten daher leicht, je nachdem ihre sonstigen Gesinnungen sind, dieser Untersuchung entweder den Vorwurf machen, dasz sie mit jener im Widerspruch stehe, oder auch, sie könnten meinen, der Verfasser habe die Idee seiner Reihe aus jenem wichtigen Werke entlehnt. Auf das erste ist die Antwort schon in dem Vorhergehenden enthalten, indem wir annehmen, dasz dieselben Körper Glieder verschiedener Reihen seyn können. Es ist ja auch nichts, was hindern könnte, anzunehmen, dasz der Stickstoffgehalt der Körper in unserer Reihe, von oben herab, beständig abnehme, der Kohlenstoffgehalt aber zunehme. Diese zwei Ansichten derselben Reihe können also nicht im Widerspruch seyn. Dem zweiten Vorwurf könnte der Verf. leicht vorbeugen, wenn er geradezu gestehen wollte, dasz er hier geliehen hätte, was ja erlaubt ist. Es verhält sich aber, der Wahrheit nach, nicht so: es läszt sich also auch nicht gestehen. Der Verfasser hat schon diese Reihe früher aufgestellt, als *Steffens's* Beiträge herauskamen, nämlich in einer Beurtheilung von *Gadolin's* Indledning til Chemien, welche sich in der dänischen Zeitschrift Skandinavisk Museum fürs Jahr 1800, S. 177, befindet. Das Heft, worin diese abgedruckt ist, ist noch dazu das erste des Jahrs. *Steffens's* Beiträge kamen erst im Jahre 1801 heraus. Der Verfasser will durch diese Nachricht aber seinem berühmten Freunde und Landsmanne so wenig etwas nehmen, als er ihm etwas zu geben sich unterwinden wollte. Er weisz ganz gewisz, dasz dieser die angeführte Recension nicht kannte, als er seine Beiträge schrieb. Wer aber die Beiträge wirklich verstehet, braucht nicht einmahl diese Erklärung, da er dann einsehen musz, dasz *Steffens* so wenig seine Ansicht aus der Recension, als der Verfasser jener Recension die seinige aus den Beiträgen schöpfen könnte. Die Sache ist an sich nicht wichtig; denn nicht der Einfall, sondern die gründliche, wahrhaft durchdachte, Ausführung der Idee ist ein Beweis, dasz man dieselbe

besitzet. Man musz aber oft sich über solche Sachen erklären, um nicht unschuldiger Weise in Verdacht zu kommen, oder wohl gar insultirt zu werden.

BETRACHTUNGEN UEBER DIE GESCHICHTE DER CHEMIE

EINE VORLESUNG VON H. C. OERSTEDT[1]

(JOURNAL FUER DIE CHEMIE UND PHYSIK. HERAUSGEGEBEN VON DR. A. F. GEHLEN. BD. 3. P. 194—231. BERLIN 1807)[2]

Es ist eine alte oft wiederholte Klage, dasz keine Einigkeit im Reiche der Wissenschaften herrsche. Eben da, wo man einen ewigen Frieden, ein einträchtiges Bestreben nach Einem Ziele erwartete, da hat ein ununterbrochener Krieg, in beständig wechselnden Umwälzungen, seinen Sitz. Wem ist est unbekannt, wie viele Veranlassungen diese Uneinigkeit dem Furchtsamen zum Misztrauen, dem Spötter zum Gelächter, dem Feinde der Wissenschaften zu Declamationen über die Ungewiszheit des menschlichen Wissens gegeben hat.

Was ich in der letzten Vorlesung von dem Falle der antiphlogistischen Chemie gesagt habe, das musz wieder die nämliche Klage auf die Bahn bringen. Wir sollen nun wieder eine Theorie, die erst vor wenigen Jahren, beinahe mit dem Beifall der ganzen aufgeklärten Welt, aufgestellt wurde, und zwar nicht ohne einen harten Streit, worin die Gründe auf beiden Seiten oft gewogen und aufs neue geprüft wurden, verwerfen. Es war auch nicht in der Ideenwelt, wo die Vernunft sich vielleicht in ihrer eigenen unermeszlichen Tiefe könnte verirrt haben, dasz dieser Streit geführt wurde, sondern in einem Kreise, wo alles auf den alten und sichern Probierstein der Erfahrung gebracht werden, wo daher alles eine desto

[1] Als ich vorigen Winter Vorlesungen über die Chemie, vor einem Auditorium, worin sich nicht wenig Kenner befanden, halten sollte, gab ich erst in zwei Vorlesungen eine allgemeine Uebersicht der neuesten Veränderungen in der Wissenschaft, und in einer dritten suchte ich einige Vorurtheile, welche sich mir entgegenstellen konnten, zu vernichten. Diese letzte Vorlesung schrieb ich nachher auf, um sie dem Publicum zu übergeben. Sie ist aus dem Dänischen Manuscript durch einen Andern übersetzt worden, ich musz also einige Aengstlichkeiten und Härten zu entschuldigen bitten. O.

[2] [Auch auf Dänisch in »Det skandinaviske Litteraturselskabs Skrifter«. 3. Aargangs 2. Bind, P. 1—54. Kiøbenhavn 1807. Mit einigen Aenderungen in »Samlede og efterladte Skrifter af *H. C. Ørsted.*« Bd. 5. P. 1—32. Kiøbenhavn 1851. Auf Deutsch in »Der Geist in der Natur«. P. 371—428. München 1851. »Gesammelten Schriften« Bd. 3. (»Der Geist in der Natur. III.«) P. 143—174. Leipzig 1851. »Der Geist in der Natur. Neue Ausgabe«. Bd. 1. P. 290—314. Leipzig 1867. Auf Englisch in »The soul in nature«. P. 300—324. London 1852.].

gröszere Gewiszheit erlangen konnte. Diese Theorie ist es, die fallen musz. Wie dieses Lehrgebäude fällt, so sind auch viele andere in jeder Wissenschaft gefallen, und haben oft ganz entgegengesetzten Platz machen müssen. Wo ist die Grenze dieser Umwechselungen? Ist es wahrscheinlich, dasz wir jetzt die wahre Theorie besitzen, die gegen alle Angriffe der kommenden Zeiten unerschütterlich stehen wird? Wir haben keine gröszere Wahrscheinlichkeit dafür, als alle unsere Vorgänger für die Richtigkeit ihrer Ideen, die sie für eben so gewisz und wahr hielten, als wir die unsrigen halten. Wir müssen es also möglich finden, dasz wir gleichfalls irren. Aus dieser Ursache haben viele erfahrne Männer alle Theorie verworfen, und darin nur ein ihrer Aufmerksamkeit unwürdiges Spiel gefunden. Sie fragen uns, ob es wahrscheinlich sey, ob es mehr als ein gutmüthiger Traum seyn könne, dasz die Vernunft, welche durch die Versuche so vieler Jahrhunderte, durch das Grübeln so vieler groszen Köpfe, nicht zur Einigkeit gekommen ist, noch dahin gelangen sollte. Folgen wir ihnen, so gäbe es nur eine Wahrheit, die Wirklichkeit, welche fest und stätig, unter so vielen Umwälzungen, uns umgeben hat, und die jeden Augenblick unsern Sinnen neue Zeugnisse abzwingt. Die Theorien könnten uns vielleicht dazu dienen, unsere Kenntnisse in gewisse Klassen einzutheilen, wo wir sie leichter wieder finden können; sie könnten nützlich genug seyn, den Scharfsinn der Jugend, der in der practischen Laufbahn angewandt werden soll, zu üben; dasz aber so viele Widersprüche irgend eine Einheit und Wahrheit enthalten, eine wirkliche Einsicht verschaffen sollten, das lasse sich auf keine Weise annehmen.

Mit Recht fügt eine edlere, obgleich schwächere, Natur eine sehr bekümmernde Betrachtung hinzu. Der ganze Werth des Menschen liegt in der Vernunft: hat die gröszte Anstrengung derselben nichts anders als ein Gaukelwerk hervorgebracht, so ist der Mensch das unvollkommenste und unglücklichste unter allen Thieren; denn sein Geschlecht hat die Vermögen, welche die Natur ihm zu seiner Erhaltung gegeben hatte, gemiszbraucht, und durch diese sich von der Wirklichkeit, wovon er doch nur einen Theil ausmacht, loszureiszen gesucht. Ein Aufstand, der in allen möglichen Richtungen ausgeführt, von der Natur aber mit ewiger Unruhe und unzähligen, den andern Thieren unbekannten, Schwachheiten bestraft ist. In einen unglücklichen Wirbel von Thorheiten werden sie alle hineingerissen; doppelt unglücklich aber ist derjenige,

welcher es einsieht, denn er kann doch nicht widerstehen, er ist nur ein Glied von seinem ganzen Geschlechte, welches viele Jahrtausende daran gearbeitet hat, ihn von der Natur zu entfernen. Gesetzt, er fühlte auch Kraft genug, sich einer Seits derselben zu nähern, so müszte er sich doch auf der andern Seite davon losreiszen. So eilet dann der Mensch mit zunehmender Geschwindigkeit seinem Untergange entgegen; und sollte dies auch das Schicksal des ganzen Erdballs seyn, worüber er sich verwildert zum Herrn gemacht hat, so ist er es doch nur, welcher unglücklich genug ist, es vorauszusehen.

Einen andern Weg geht der rasche Jüngling. Muthig zerhauet er den Knoten. Mit Recht, sagt er, führt Feigheit zur Verzweifelung. Wer hat Dich gelehrt, dasz Du den gröszten Schatz, die Wahrheit, ohne Mühe gewinnen werdest. Pflegst Du denn die Stimmen zu zählen, um zu wissen, was richtig ist? Wirst Du dann nicht genöthiget, die Menge für unweise zu erklären? Trage dann auch diese Regel auf diejenigen über, welche sich für Gelehrte ausgeben. Hat es streitige Meinungen gegeben, so musz doch wohl eine davon die richtige gewesen seyn? Kannst Du Dich darüber verwundern, dasz diese Meinungen gewechselt haben, da sie nicht alle mit gleichem Eifer, mit gleicher Kraft, mit gleicher Wahrheitsliebe, nach dem groszen Ziele gestrebt haben? Mithin, ist die Wahrheit nicht gefunden worden, so kann sie ja noch gefunden werden, es ist ja noch eine ganze Ewigkeit zurück. Die Kraft, welche Dich losrisz von dem, was Du die Wirklichkeit nennest, musz doch wohl stärker gewesen seyn, als diese Wirklichkeit selbst. Sie kann, sie wird uns einmal ins Reich der Wahrheit führen. Und selbst das Bestreben, dahin zu kommen, ist herrlich. Unsere Kräfte werden geübt, unser geistiges Leben wird erhalten, unser Gemüth beruhiget durch die erfreuliche Aussicht, dasz unser ganzes Geschlecht zu einem Bessern fortschreite. Ist dies nicht Lohn genug für unsere geringe Arbeit.

So entstehet ein neuer Streit, indem wir nach Einigkeit trachten. Und gern folgten wir ihm, mit der frohen Aussicht einer kommenden Ruhe. Wir bemerken aber bald, dasz er nur erst angefangen hat, die Bahn der Wissenschaften zu wandern. Er denkt sich nur als ein Vernunftwesen, und so hat er Recht; wirft er aber einmal einen Blick zurück auf seine Individualität und die sie begleitende Einschränkung, erinnert er sich der Schaar tiefdenkender Männer, welche geirret haben, faszt er einen Augenblick, ermattet vom

Kampfe des Lebens, den Gedanken: jene Männer fühlten sich eben so überzeugt als Du, und irreten; bist Du denn stärker, könntest Du vielleicht nicht auch, ohne Dein Wissen, in Irrthümer verwickelt seyn? Dann wird er bald, zwar nicht an der Vernunft, aber an sich selbst zweifeln. Diesen Zweifel musz er auf alle andere menschliche Individuen, folglich auf seine ganze Art ausdehnen, und wir sehen ihn nun auf dem nämlichen Punkte, von welchem die Verzweifelung ausgieng.

Aber ich sehe die verklärte Reihe der Helden in der Geschichte des menschlichen Geistes auf diese Verwirrung ruhig herabschauen. Sie sagen uns: Wir haben mehr Zeit und gröszere Kräfte aufgeopfert, als unsere Brüder, um die Tiefen der Natur und der Vernunft zu ergründen. Nur auf der Hälfte des Weges begegneten uns Dunkelheit und Zweifel: je tiefer wir eindrangen, desto mehr wurde uns Alles Licht und Einheit. Ein Jeder von uns hat von seinen Vorgängern gelernt, und ist der Lehrer seiner Nachfolger gewesen, nicht blosz durch das Sammeln einer gröszern Masse von Kenntnissen, sondern auch durch einen tiefern Blick in die Ordnung der Dinge. Und haben wir Euch nicht dadurch unsere Wahrhaftigkeit bekräftiget, dasz wir Euch Gesetze überliefert haben, woraus Ihr vieles einsehen und berechnen könnt, was vorher kein Auge gesehen hatte. Ein Zeichen für Euern Unglauben. Lasset Euch nicht von dem Scheine der Uneinigkeit bethören. Das Zeitalter, das Land, der Karakter eines jeden Menschen, führte ihn in seiner eigenen Richtung, und gab seinen Werken ihr eigenthümliches Gepräge, wir alle aber werden durch ein geheimes Band vereiniget. Suchet ernsthaft in der Geschichte der Wissenschaften, und Ihr werdet da Ruhe finden, wo Ihr vorher nur Zweifel und Unruhe fandet.

Wir wollen dieser Stimme folgen; denn sie ist die Stimme der Wahrheit. Durch eine nähere Betrachtung dieses Streites, welcher unsere Unruhe verursachte, werden wir die reinste Harmonie, die völligste Ruhe und Gewiszheit entdecken. In der That wäre es wohl ein des denkenden Menschen würdiger Gegenstand, jene innere Einheit in allen Wissenschaften aufzusuchen; aber hier würde eine Aufgabe von einem so groszen Umfange uns zu weit von unserm Ziele entfernen. Wir müssen uns damit begnügen, den Gang der Entwickelung einer einzigen Wissenschaft, zu deren Erklärung diese Vorträge bestimmt sind, zu verfolgen.

So wie die Geschichte einer jeden Wissenschaft dem weniger aufmerksamen Auge nichts anders als ein Chaos von Widersprüchen, einen Waldstrom von streitenden Kräften darzubieten scheint, so auch die Geschichte der Chemie. Von der Zeit an, da man anfieng, die zerstreuten Erfahrungen, die den ersten Keim zu dieser Wissenschaft enthielten, zu einem Ganzen zu vereinigen, findet man einen beständigen Fortgang und Rückgang, aber kein ruhiges Fortschreiten. Erst verhüllte sie sich, im Mittelalter, in einen undurchdringlichen Schleier von Mysticism, und dasz es in dieser Periode eben so viele verschiedene Meinungen geben muszte, als es Schwärmer gab, ist leicht zu begreifen. Das edelste Metall, welches die bildende Natur darbot, nachzumachen, ein allgemeines Auflösungsmittel ausfindig zu machen, dem menschlichen Geschlecht ein Heilmittel gegen alle Krankheiten zu verschaffen, waren damals die Probleme der Wissenschaft, die man auf ganz verschiedenen Wegen aufzulösen suchte. Doch waren sie beinahe alle darüber einig, dasz es eine tiefliegende, dem uneingeweihten Auge verborgene, Aehnlichkeit auch zwischen den entferntesten Gegenständen in der Natur gäbe, dasz diese nur durch eine besondere Gabe gefunden, und zur Ausführung der groszen Zwecke, die man sich vorgesetzt hatte, benutzt werden könnte. So suchte man die eingebildeten Karaktere der Planeten in den Metallen, und nach astrologischen Combinationen leitete man die chemischen Arbeiten. Man fand sich um desto leichter von der Richtigkeit dieser Vorstellungsart überzeugt, da man eben so viele Planeten als Metalle kannte. Was würden sie nun zur Vertheidigung ihrer Meinung sagen, wenn eine mehr gereinigte Astronomie ihnen zeigte, dasz die Sonne kein Planet, der Mond nur ein Trabant sey, gleich vielen andern, welche wir mit dem bewaffneten Auge entdecken? Was würden sie denken, wenn sie durch eine kunstreichere Chemie beinahe dreiszig Metalle unterscheiden lernten, und noch dazu die an Gewiszheit gränzende Wahrscheinlichkeit sähen, dasz noch sehr viele zu entdecken seyn? Doch, wer würde sich nun noch Mühe geben, Meinungen zu widerlegen, welche die ganze vernünftige Welt verwirft, obgleich sie in jenen dunkeln Zeiten Freunde unter den tiefsinnigsten Männern, Beschützer an den mächtigsten Fürsten fanden? Es musz uns genug seyn, im Gedächtnisse zu behalten, dasz die Chemie ihnen nichts anders als die Hervorbringung der Metalle, ihre Naturkräfte nichts anders als mystische Karakter-

Aehnlichkeit war. Dies, sage ich, ist hinreichend, zu zeigen, wie wenig sie unserer mehr umfassenden Chemie glich, in welchem Widerspruche sie mit unserer jetzigen Bemühung nach heller und durchschaulicher Wissenschaft stand. Ein Versuch, uns mit dem Gedanken zu trösten, dasz jene grosze Periode eine nun glücklich überstandene Nacht, voll phantastischer Träume, war, kann uns aber nicht beruhigen. Haben jene so sehr tief irren können, wer bürgt uns dafür, dasz wir nicht eben so sehr auf dem entgegengesetzten Wege irren, und, aus einem miszverstandenen Bestreben zu begreifen, das übersehen, was das Wesen in der ganzen unendlichen Natur, und ihr uns doch unbegreifliches Daseyn ausmacht? Oder dürfen wir wohl aus historischen Gründen wagen, jene Periode als ein Nichts für uns anzusehen, zu einer Zeit, da viele der vorzüglichsten Köpfe manche Lehrsätze derselben wieder ans Licht ziehen?

Doch wir wollen unsere Augen von dieser Periode wegwenden. Sie war die Periode der Unverständlichkeit, warum sollten wir versuchen sie zu begreifen? Wir wollen uns nicht einmal mit der Gährungsperiode befassen, die zwischen jener und der neueren Zeit lag: dasz diese eine Periode des Widerspruches und des Kampfes war, darüber können wir uns nicht verwundern. Wir wollen unsere ganze Aufmerksamkeit auf das Zeitalter richten, wo man die Ursachen der Naturbegebenheiten in begreifliche Naturkräfte setzte, und durch Experimente eine jede derselben in ihrer möglichsten Reinigkeit aufzufassen suchte. In dieser Periode erkennen doch alle einen und denselben Verstand für ihren Richter: man sollte also mehr Einigkeit bei ihnen erwarten; aber keine Erwartung kann weniger erfüllt werden. Aufzählen, wie in dieser Periode Meinungen entstanden und verschwanden, und wieder die herrschenden wurden, würde Materialien für ein groszes Buch liefern, und müszte, wenn es auch in dem kurzen Umfange einer Vorlesung möglich wäre, die Aufmerksamkeit ermüden. Also hier nur einige Hauptsätze.

Man fing an, die chemischen Kenntnisse zu ordnen, und man dichtete einen Brennstoff, ein Phlogiston, welches in allen Körpern enthalten seyn sollte. Jeder brennbare Körper war also zusammengesetzt. Die Verbrennung war eine Zersetzung. Die Metalle waren aus einer Grunderde und Phlogiston zusammengesetzt. Die Körper, welche bei der Verbrennung eine Säure geben, muszten diese ver-

einigt mit dem Brennstoffe zu ihren Bestandtheilen haben. Man erklärte nach dieser Lehre eine jede sonderbare Erscheinung, und man glaubte in ihr den Schlüssel zu der geheimen Werkstätte der Natur zu haben. Doch war man weit davon entfernt, über die Natur des Brennstoffs einig zu seyn, bald sollte er ein Schwefel, bald eine feine Erde, bald ein Theil vom Lichtstoffe seyn. Ja man gab ihm sogar zuletzt eine Eigenschaft, welche mit der allen übrigen Körpern zukommenden in Widerspruch stand, eine Kraft nämlich, welche die Schwere vernichtete.

Als man glaubte diese Lehre der Vollkommenheit nahe gebracht zu haben, so wurde sie von einer andern, ihr so entgegengesetzten, dasz sie sogar ihren Namen von diesem Gegensatze bekam, umgestoszen. Indem die antiphlogistische Theorie das Daseyn des Brennstoffs läugnete, so veränderte sie die ganze alte Vorstellungsart. Das Verbrennen war nun nicht mehr eine Decomposition, sondern dagegen eine Composition, eine Verbindung mit dem Sauerstoffe. Dieser Grundstoff muszte in den Säuren enthalten seyn, und es lag im Wesen derselben, zusammengesetzst zu seyn, wogegen die Materie, welche bei der Verbrennung die Säure gab, einfach seyn könnte. Die Gründe für die Zusammensetzung der Metalle fielen nun weg, und sie wurden als Elemente betrachtet. Das Wasser, welches in jener Theorie ein Element war, wurde hier eine Zusammensetzung. Kurz, alles wurde umgekehrt, und kein Stein blieb auf dem andern in dem alten Gebäude.

Doch kaum war der Streit über diese beiden Systeme geendiget, so entstand ein neues, welches damit anfing, dasz es läugnete, dasz das Wasser ein Zusammengesetztes sey. Freilich ist diese Lehre noch nicht ausgeführt; so viel ist aber doch gewisz, dasz ihr ganzes Bestreben darauf ausgehet, die antiphlogistische Lehre, welche so gut gegründet zu seyn schien, zu stürzen. Ja sie geht sogar noch weiter, indem sie ganz neue Gesichtspunkte für die ganze Chemie festzusetzen sucht, nach welchen nichts von dem, was wir bis jetzt Zusammensetzungen und Trennungen nannten, als solche betrachtet werden sollen. Alles, was wir bisher von chemischer Verwandtschaft gelernt hatten, das, was die Phlogistiker und Antiphlogistiker noch mit einander gemein hatten, soll nun als nichtig betrachtet werden!

Wir wollen nun versuchen ein Licht in dieses Chaos zu bringen, das dem ersten Blicke nichts als ein rohes Gemisch von den Ueber-

bleibseln so vieler Zeitalter zeigt. Um Ihnen aber die Uebersicht zu erleichtern, werde ich den Gang in der Untersuchung, welche ich Ihnen vorzulegen gedenke, voraus bestimmen. Ich werde Ihnen nämlich erst zeigen, dasz alle diejenigen, welche Einsicht in die Wissenschaft gehabt haben, nach welcher Theorie es auch gewesen sey, im Besitze einer groszen und tief eindringenden Wahrheit gewesen sind. Es wird durch diese Untersuchung zugleich einleuchtend werden, dasz der Gang dieser Wissenschaft eine wirkliche Entwickelung gewesen sey. Ich hoffe ferner Ihnen erweisen zu können, dasz dieser Entwickelungs-Gang nothwendigen Gesetzen gefolgt sey. Eine genauere Betrachtung wird uns endlich von der Wohlthätigkeit dieser Gesetze überzeugen.

Ich fühle vollkommen, wie weitläuftig die Untersuchung ist, in welche ich Sie hineingeführt habe, gestehe auch gern, dasz sie in dem kurzen Umfange eines mündlichen Vortrags mit keinem sonderlichen Grade von Vollständigkeit angestellt werden könne; ich glaube aber doch, die Hauptpunkte so berühren zu können, dasz Jeder von Ihnen selbst eine ausführliche Anwendung davon machen könne.

Die mystische Tendenz des Mittelalters ist unserm jetzigen Streben nach vollendeter Klarheit so entgegengesetzt, dasz es leicht unmöglich scheinen dürfte, dasz beide zugleich an der Wahrheit Theil haben könnten. Ihren Gegensatz läugnen, würde gegen sonnenklare Wahrheit verstoszen: es giebt aber doch keinen Gegensatz, worin nichts Gemeinschaftliches wäre. Vielleicht könnte der strengste Gegensatz aber seinen Grund in der Einseitigkeit beider Zeitalter haben, und sich hingegen in Vielem eine Uebereinstimmung zeigen, wo wir sie nicht geahndet hätten. Eine jede Bemühung nach Einsicht in die Natur gehet darauf aus, die getrennten Erscheinungen unter gemeinschaftliche Gesichtspunkte zu bringen, die Gesetze, nach welchen alles sich richten musz, zu entdecken, kurz, Einheit der Vernunft in die Natur zu bringen. Dieses Bestreben hatte wenigstens das mystische Zeitalter mit dem unsrigen gemein. Es ist natürlich, dasz der erste Blick auf die Gegenstände nur auf die Oberfläche fällt, welche dem ungeübten Auge undurchdringlich scheinen und das Innere verbergen muszte. Desto gröszer war aber die Aufmerksamkeit auf das Aeuszere, welches in unzähligen Gestalten zu ihnen redete. In diesen suchte man Uebereinstimmungen und Abweichungen, und man glaubte,

aus ihnen die Geheimnisse der Natur zu lernen. Dieser Weg der Untersuchung kann ohne Zweifel leicht irre leiten; wir können aber doch nicht läugnen, dasz hinter der äuszern Aehnlichkeit eine innere verborgen liege, weil die nämliche Form immer von der nämlichen Kraft hervorgebracht werden musz, wenn keine fremde Kräfte die Wirkungen stören. Dasz auf diesem Wege die Spitzfindigkeit die lächerlichsten Miszgeburten ausbrüten könne, ist offenbar; dasz aber ein genialischer Blick gleichfalls da die gröszten Entdeckungen machen könne, ist nicht weniger gewisz. Man vergesse nur nie, dasz das, was die Oberfläche der einzelnen Gegenstände ist, zu dem Innersten im Universum gehöre. Einige Beispiele werden dem, was ich hier vorgetragen habe, mehr Licht geben. Sie verglichen die Metalle mit den Planeten. Dieses scheint beim ersten Anblicke blosz Schwärmerei zu seyn: betrachten wir aber die Sache genauer, so finden wir doch eine Wahrheit, die darin zum Grunde lag. Die Metalle machen die eigentliche Masse der Erde aus, und es ist nicht unwahrscheinlich, dasz alle Erdarten Metallkalke sind. So wie nicht nur alle Planeten nach einerlei Gesetzen sich um die Sonne, sondern auch alle Trabanten um ihren Hauptplaneten, bewegen, so ist es auch natürlich, dasz alle Erdkugeln, und wiederum ihre Nebenplaneten in Verhältnisz zu ihnen, auf gleiche Weise entwickelt sind. Ist es aber nicht wahrscheinlich, dasz die nämlichen Gesetze, nach welchen die Planeten im Sonnensysteme entwickelt worden sind, in der Entwickelung der einzelnen Theile der Erdkugeln geherrscht haben? Wenn dieses angenommen werden könnte, so würde jeder Planet den ihm entsprechenden Grundstoff im Schoosze der Erde finden, und die Uebereinstimmung mit den Planeten wäre nun keine Schwärmerei. Fügen wir noch hinzu, dasz wir in den neuern Zeiten zu der Einsicht gelangt sind, dasz die Metalle nach bestimmten Gesetzen auf der Erde vertheilt sind, so gewinnt dieser Gedanke noch mehr an Wahrscheinlichkeit. Endlich verdient auch bemerkt zu werden, dasz das Gold, welches nach der Meinung jener Zeit die Sonne der Metalle war, eben auch am meisten um den Aequator herum gelagert ist, und zugleich in allen Proben am vollkommsten seine metallische Natur erhält.

Ich hoffe, dasz Sie glauben werden, ich sey weit davon entfernt, die praktische Anwendung jener astrologischen Metallenlehre zu vertheidigen. Ja, was noch mehr ist: ich gestehe, dasz wir noch

nicht im Stande sind, mit allen unsern gröszern Kenntnissen, eine solche Vergleichung zwischen den Metallen und den Himmelskörpern zu entwerfen; aber die Grundidee ist doch kaum zu verachten. Die Einwendung, dasz der Unterschied zwischen der uns jetzt bekannten Anzahl von Metallen und Planeten so grosz sey, kann leicht beantwortet werden; denn, warum können nicht gewisse Metalle, die besonders andere zu begleiten pflegen, als ihre Trabanten betrachtet werden? Warum könnten viele von ihnen nicht mit Planeten verglichen werden. Ich habe wohl nicht nöthig Sie davor zu warnen, bey der Anwendung dieser Sätze nicht gar zu sehr ins Einzelne zu gehen, da die Sache zuverlässig noch nicht reif genug dazu ist. Es musz uns genug seyn, gesehen zu haben, dasz in den damaligen Irrthümern doch etwas Wahres lag.

Aber selbst ohne Rücksicht auf dieses hat jenes Zeitalter sich um die Wissenschaft verdient gemacht. Nicht der vielen einzelnen Entdeckungen zu gedenken, welche wir demselben verdanken, gab es uns auch verschiedene zusammenhängende Reihen verwandter Stoffe, z. B. die Mineralsäuren und Alkalien. Die Verkalkung der Metalle, und die verschiedenen dazu gebräuchlichen Verfahrungsarten, wie auch der Zuwachs der Metalle an Gewicht durch die Verkalkung, sind gleichfalls Entdeckungen der Chemiker jener Zeit. Selbst zu der chemischen Kenntnisz von der Luft lieferten sie einige Beiträge dadurch, dasz sie zeigten, dasz es einige Luftarten gäbe, die von derjenigen, welche unsere ganze Erde umgiebt, verschieden wären.

Wir sehen demnach, dasz das mystische Zeitalter nicht ohne Plan und ohne Frucht gehandelt habe. Von dem phlogistischen können wir noch leichter eine solche Ueberzeugung bekommen. Es ist freilich wahr, dasz der Stifter und die Anhänger dieser Theorie Alles aus einem angenommenen Grundstoffe erklärten, welchen sie nicht erweisen konnten. Aber dessen ungeachtet sind ihre Ideen von der Natur nicht so ganz unrichtig. Der Gedanke, dasz das Verbrennen gleichsam der Mittelpunkt aller chemischen Wirkungen sey, verräth einen ungemein tiefen Blick in die Natur; denn es war, um einen solchen Gedanken zu fassen, nicht genug, den Ausbruch des Feuers und den herrlichen Glanz der Flamme seiner Aufmerksamkeit würdig zu finden; man muszte auch sehen, dasz die Natur oft die nämlichen Wirkungen, wie die Verbrennung, durch andere Mittel als das Feuer hervorbrachte, und man muszte

finden, dasz doch eine gemeinschaftliche Kraft in allen diesen äuszerlich verschiedenen Wirkungen wäre. Es gehört ein nicht wenig scharfsehender und kühner Geist dazu, Verbrennung da zu finden, wo keine Flamme, oft nicht einmal einige Wärme ihr Daseyn verkündiget hatte. Und sogar mitten in einem flüssigen Körper eine Verbrennung zu sehen, eine bestimmte Aehnlichkeit zwischen dem Athemzuge und der Flamme zu finden: dazu wird gewisz eine Vorbereitung von Jahrhunderten erfordert.

Nach einem so groszen, und doch tief eindringenden, Blicke konnte man erst die Körper nach ihrer Brennbarkeit in eine Reihe ordnen, denn man wuszte nun, was Brennbarkeit sey. Für diese Reihe konnte man das Naturgesetz bestimmen, dasz das mehr brennbare das weniger brennbare, und schon verbrannte in seinen ersten Zustand zurückführen könne. Man sah auch, dasz ein Körper in eben dem Grade von seiner Brennbarkeit verlor, als er mehr verbrannt wurde, und so wurde das eben so grosze und weit umfassende, als an sich selbst leicht begreifliche Gesetz bestimmt, dasz Brennbarkeit und Verbrennung einander entgegengesetzt sind; oder mit andern Worten, dasz Verbrennung und Reduction zwei entgegengesetzte Processe sind, die durch die ganze Natur gehen. So grosze Ideen, die Frucht hundertjähriger Bemühungen, werden in so wenige Worte eingeschlossen. Wer aber die Natur kennt, der weisz, was diese wenige Worte bedeuten. Ich wünsche, dasz Sie sich davon eine deutliche Vorstellung bilden mögen. Wer weisz nicht, welche Rolle die Metalle in der Geschichte des menschlichen Geschlechts spielen. Sie spielen eine nicht weniger wichtige Rolle in der Geschichte der Erde. Sie sind vermischt in den Steinen und Krystallen, sie durchsetzen Berge, sie bilden die Grundlage in ungeheuern Massen, und überall zeigen sie sich in den abwechselndsten Gestalten. Doch umfaszt jene Verbrennungstheorie sie mit einer beinahe uneingeschränkten Allgemeinheit. Wem ist es nicht einleuchtend, dasz der Umlauf des Blutes zu den Haupttriebfedern in der lebendigen Natur gehöre? Wer weisz nicht, dasz der Athemzug eins von den Elementen ist in jener groszen Wirkungskette? Aber hat die phlogistische Lehre sich nicht derselben bemächtiget? Doch wozu viele Beispiele. Keiner von Ihnen ist ganz unbekannt mit der phlogistischen Lehre; Sie werden sie daher selbst im Ueberflusz finden.

Dasz *Stahl* und dessen Nachfolger ein gemeinschaftliches Prin-

cip in allen brennbaren Materien annahmen, deswegen wird gewisz keiner von uns ihm Vorwürfe machen. Die Antiphlogistiker selbst nehmen ja ein solches an, indem sie allen brennbaren Körpern eine chemische Anziehung an den Sauerstoff beilegen. Der Irrthum der Phlogistiker kann also nur darin bestehen, dasz sie einen materiellen Grund der Verbrennung annahmen, worin sie sicher irreten. Man musz aber das Gepräge ihres Zeitalters, die Anhänglichkeit an das Materielle bedenken, wovon der kleinste Theil von unsern jetzigen Chemikern sich losgerissen hat. Phlogiston blieb doch nur eine Ziffer, ein x, womit sie den unbekannten Grund der Verbrennung bezeichneten. Haben sie auch diesem Zeichen etwas beigefügt, wodurch die Reinigkeit desselben verloren ging, so müssen wir doch gestehen, dasz man innerhalb eines gewissen Kreises richtig damit rechnen konnte. — Uebrigens sind wir weit entfernt die Brennstofflehre für die Vollendung der Wissenschaft anzusehen. Wir glauben uns nur berechtiget, zu behaupten, dasz darin ein richtiger und groszer Blick, eine Beschauung eines groszen Naturgesetzes, lag. Aber die reine Klarheit eben dieser Beschauung wird durch jede willkührliche Voraussetzung verdunkelt. Es giebt immer einen gewissen Punkt, wo eine solche wesentlich eingreift, und von diesem aus werden Irrthümer über alles Uebrige verbreitet. So auch in der phlogistischen Lehre. Die Hypothese machte sie blind gegen das, was die Natur ihnen zeigte. Daher übersah man die eigentliche Wirkung der Luft bei der Verbrennung. *Lavoisier* war es vorbehalten, diese zu entdecken, und ein neues System zu gründen, welches für neuer ausgegeben wurde, als es in der That war; denn die Grundidee des alten ward auch der Grund des neuen, und konnte unmöglich verworfen werden; dasz aber die Verbrennung eine Zusammensetzung und keine Trennung sey, dasz jeder Körper bei der Verbrennung Sauerstoff aufnähme, dasz dieser Stoff einen gemeinschaftlichen Bestandtheil vieler Säuren ausmacht, gehört zu den Eigenthümlichkeiten des antiphlogistischen Systems. Erst durch diese Entdeckungen wird der Naturforscher in den Stand gesetzt, nicht blosz überhaupt, sondern mit der grözsten Bestimmtheit die Producte der mannigfaltigen Wirkungen, welche wir nun in die Klasse der Verbrennungen reihen müssen, voraus anzugeben und zu berechnen. Die antiphlogistische Lehre ward doch erst durch die Entdeckung der Bestandtheile des Wassers vollendet. Dasz man im Wasser die brennbarste aller Substanzen

in Verbindung mit dem, was die Bedingung aller Verbrennung ist, findet, ist eine Entdeckung, an deren Wichtigkeit Niemand zweifeln kann, der einen Augenblick die mannigfaltigen Körper, welche entweder die Elemente des Wassers getheilt aufnehmen, um sie zu vereinigen, oder vereinigt, um sie zu trennen, ins Gedächtnisz zurückruft. Welch' eine unzählige Menge bietet sich dann nicht unserm Blicke dar!

Sie sehen leicht ein, dasz das antiphlogistische System, Trotz seinem Namen, doch eine Fortsetzung von dem phlogistischen sey. Dasz sie einander entgegengesetzt sind, beweiset nichts dagegen; denn Sie haben selbst gesehen, dasz es nur in einem Punkte und nicht in allen war. Wir fanden daher leicht den Uebergang von dem einen zu dem andern. Das System, welches aus den neuesten Erfahrungen entspringt, geht einen Weg, der von dem der letzt erwähnten noch mehr verschieden ist. Es zieht sogar seinen Ursprung aus der Untersuchung einer ganz andern Sphäre. Es war von den Untersuchungen über die Electricität, dasz ein neues Licht über die Chemie verbreitet werden sollte. Die Kraft, welche man eine Zeit lang in geriebenem Bernstein gefunden hatte, wurde nach und nach in vielen andern Körpern bemerkt, und endlich gelangte man zu der Einsicht, dasz alle Körper in der Natur sie besitzen müszten. Die Grundgesetze dieser Kraft waren durch *Franklin's* tiefen Blick gefunden. Beinahe alle alte Werkzeuge zur Untersuchung der Electricität wurden nun verbessert, und eine Menge neue erfunden, da man durch feste Grundsätze geleitet wurde. Es glückte nun, da Electricität zu entdecken, wo man sie vorher kaum geahndet hatte, und endlich fand man auf verschiedenen Wegen, dasz sogar die Körper, wenn sie einander berühren, diese Kraft erwecken. Dankbar erinnern wir in dieser Rücksicht uns an *Volta's* Verdienste. Man hat zugleich gefunden, dasz die Berührung der Körper die chemischen Kräfte derselben veränderte, und *Ritter's* vorwärts schauender Blick sah schon in diesen Erfahrungen den Zusammenhang zwischen Electricität und Chemie. *Volta* ging noch weiter, und fand, dasz eine Verbindung mehrerer Glieder eine vermehrte Wirkung gäbe, und nun erkannte man allgemein in der Electricität ein chemisches Wirkungsmittel. Obgleich die Mehresten fortfuhren, es nur einseitig als ein chemisches Wirkungsmittel, nicht als eine Aeuszerung einer allgemeinen Naturkraft zu betrachten, so lieszen doch nicht alle ihren Blick von einem leeren Namen be-

gränzen. *Ritter* zeigte nun, dasz die chemischen Veränderungen des Wassers auf einer electrischen Kraftvertheilung beruhen, und gab dadurch der ganzen Lehre von der Zusammensetzung des Wassers einen andern Gesichtspunkt. Aber nicht nur die Lehre von der Zusammensetzung des Wassers, sondern auch die ganze chemische Theorie bekam durch diese Veränderung eine neue Wendung. Durch verschiedene Entdeckungen, deren Vollendung wir *Ritter* verdanken, hat es sich gezeigt, dasz alle Körper, zufolge ihres Vermögens Electricität hervorzubringen, eine Reihe ausmachen. Das erste Glied in dieser Reihe bringt positive Electricität in wechselseitiger Wirkung mit allen andern Körpern hervor, das zweite bekommt zwar negative Electricität mit dem ersten, aber positive mit allen den übrigen, und so weiter bis zum letzten, welches negative Electricität mit allen andern bekommt. Unter den Körpern, welche, im Ganzen genommen, unter den nämlichen Bedingungen stehen, findet man, dasz diese Reihe mit der der Brennbarkeit parallel gehet, so dasz die positiveren zugleich die Brennbareren, die negativeren hingegen die weniger Brennbaren sind. Diese Uebereinstimmung der Brennbarkeit mit dem Streben nach dem positiven Zustande, wird noch mehr durch die Entdeckung bestätiget, dasz die guten Leiter eine Ladung durch die Berührungselectricität annehmen, und dadurch in dem Grade mehr brennbar werden können, in welchem sie positiver werden, und in dem Grade weniger brennbar werden, in welchem sie negativer werden. Die sogenannte Decomposition des Wassers ist eine solche Ladung, wobei nur der Umstand merkwürdig ist, dasz die hervorgebrachten Ungleichheiten so grosz sind, und sich unsern Augen so kenntlich zeigen. Der positive Pol des Wassers ist der Wasserstoff, der negative Pol desselben der Sauerstoff. Beide vereinigt, heben wieder die einander entgegengesetzten Kräfte auf, und bilden Wasser. Das Wasser ist von allen Körpern der, worin das gröszte Gleichgewicht von allen Kräften Statt findet, der Wasserstoff ist unter allen Körpern der brennbarste, der Sauerstoff der am wenigsten brennbare, und selbst die Bedingung aller Verbrennung.

Nun entstehet also eine neue Verbrennungstheorie für uns. Die Verbrennung des Wasserstoffes ist nur eine Vereinigung zwischen dem Positiven desselben, und dem Negativen des Sauerstoffes. Die Flamme ist eigentlich ein ununterbrochen erneuerter, electrischer Funke. Oder richtiger gesagt, Licht und Wärme werden

hervorgebracht, weil diese Wirkungen die nämlichen Elementaractionen haben als die Electricität. Was aber von der Verbrennung des Wasserstoffs gilt, das gilt von jeder Verbrennung; da jeder brennbare Körper durch sein Positives brennbar ist und brennt, wenn dieses mit dem Negativen verbunden wird. Wir nehmen auf diese Weise mit den Phlogistikern einen innern Verbrennungsgrund, mit den Antiphlogistikern einen äuszern an, wir weichen aber von ihnen ab, indem wir nicht annehmen, dasz diese materiell sind.

Sie müssen nothwendig hiebei fühlen, dasz unsere ganze Vorstellungsart eine wesentliche Veränderung leidet. Vorher nahmen wir da überall wirkliche Verbindungen und Trennungen an, wo zwei verschiedene Körper zu Einem vereinigt wurden, nun aber nehmen wir dagegen an, dasz eine Kraftvertheilung sie beide gleich mache. Dieses gilt nicht nur von der Verbrennung, sondern auch von der wechselseitigen Wirkung zwischen den Säuren und Alkalien. Wir werden nämlich, in dem Laufe dieser Vorlesungen wahrnehmen, dasz auch Acidität und Alkalität auf einer gewissen Daseynsform der öfter genannten zwei Grundkräfte beruhen, und dasz also die mannigfaltigen Naturbegebenheiten, welche die Chemiker zu den Neutralisationen rechnen, auch als Indifferenzirungen betrachtet werden können.

Es kann, unter allen diesen Betrachtungen Ihrer Aufmerksamkeit nicht entgangen seyn, dasz der Gesichtspunkt für alle Naturbegebenheiten, zwar verändert ist, dasz aber doch der Zusammenhang, den man einmal zwischen groszen Reihen von Naturbegebenheiten gefunden hatte, eben nicht zerrissen werde, um einen andern zu bilden. Dasz die Brennbarkeit nicht blosz darin bestehe, unter gewissen Umständen Flamme zu geben, dasz die Verbrennung ihren Gegensatz in einem andern Processe habe, den wir Reduction nennen, dasz zur Verbrennung eine wechselseitige Wirkung zwischen dem Sauerstoffe und dem brennbaren Körper gehöre, dasz das Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff, so wie diese wiederum in Wasser verwandelt werden können, bleiben immerhin Entdeckungen von der grösten Wichtigkeit, die wir alle benutzen, die wir aber zugleich unter die Nothwendigkeit eines höhern Gesetzes bringen.

Das Schwierigste in unserm Unternehmen, nämlich eine ewige Wahrheit in den vielen Widersprüchen, welche die Geschichte der Wissenschaft dem ungeübten Auge darbietet, aufzuweisen, ist nun,

wie ich hoffe, so weit ausgeführt, als die eingeschränkte Zeit es erlaubt. Dasz der Gang der Wissenschaft eine Entwickelung und ein wirkliches Fortschreiten gewesen sey, liegt deutlich genug in der nämlichen Untersuchung vor Augen. Doch werde ich in dieser Rücksicht noch einige Betrachtungen hinzufügen.

Nicht blosz in Rücksicht der Vollkommenheit der Theorie, sondern auch in Rücksicht auf den Umfang, hat die Wissenschaft nach und nach gewonnen. In dem mittleren Zeitalter kannte man keine andere Chemie als die der Metalle, und das ist sehr natürlich, da diese Körper, nach den mannigfaltigsten Abwechselungen ihrer Gestalten am leichtesten in ihre alte Form zurückkommen, so dasz man am ersten eine zusammenhängende Erfahrung von ihnen bekommen konnte.

Die phlogistische Theorie umfaszte schon eine weit gröszere Menge von Gegenständen, innerhalb ihrer Gränzen: wie die Gährung, das Athemholen, das Feuer u. s. w. Obgleich die Chemie des Mittelalters alle diese Gegenstände berührt hat, so hat sie doch nie sie mit ihrer eigentlichen Masse assimilirt. — Die antiphlogistische Theorie hat zwar nicht einen merklich gröszern Umfang als die phlogistische, es läszt sich aber doch nicht läugnen, dasz erst sie die Lehre von den Luftarten als einen ihrer Grundbestandtheile aufgenommen habe. Die dynamische Theorie erweitert hingegen den Umkreis der Chemie weit über die alten Gränzen. Die Electricität, der Magnetismus, der Galvanismus gehören nun auch mit zur Chemie, da es sich zeigt, dasz eben dieselben Grundkräfte, welche diese Wirkungen hervorbringen, unter einer andern Form die chemischen hervorbringen. Wir haben gefunden, dasz die Electricität, besonders in der Form, worunter sie in dem Galvanismus vorkommt, im Stande sey, die Extreme von allen sinnlichen Empfindungen hervorzubringen; in dem Organe des Geschmacks Acidität und Alkalität, im Organe des Geruchs einen ähnlichen Gegensatz, im Auge die zwei äuszersten prismatischen Farben, im Ohre höhere und tiefere Töne, für das Gefühl die Abwechselung der Wärme, und Erweiterung oder Zusammenziehung, in den Nerven veränderte Incitabilität. Die nämlichen Wirkungen werden von den verschiedenen Materien in Verhältnisz zu der Grundkraft, die darin herrscht, hervorgebracht. Man kann also hiedurch die Lehre von den Empfindungen der Sinne mit in die Experimentalphysik ziehen. Selbst in die Organisation der Erdkugel, und die Verbin-

dung derselben mit andern Weltkörpern, vermögen wir durch die Fackel der Chemie Licht zu bringen. Nur hier ein Paar Beispiele; den ausführlichen Beweis kann nur das Folgende liefern. Der Erdball ist, so wie jeder andere Weltkörper, ein groszer Magnet. Die zwei Pole des Magnetes sind von ungleicher Brennbarkeit, von ungleicher Wärmetendenz. Müssen demnach nicht auch die Pole dieser Weltkörper es gleichfalls seyn? Die magnetischen Kräfte nehmen nach dem nämlichen Gesetze ab, wie die Schwere. Die Weltkörper können also eben so gut durch jene, als durch diese auf einander wirken, und dadurch eben so merkwürdige Veränderungen in der Witterung, in Pflanzen, in Thieren hervorbringen, als diejenigen, welche der eine Weltkörper durch ihre Anziehungskraft in den Bewegungen des andern hervorbringt. Ich hoffe, dasz Sie diese Beispiele schon ihrer Aufmerksamkeit würdig finden werden. In den ausführlichern Vorlesungen wird es Ihnen deutlich werden, dasz die Chemie einst ihrer Seits eben so weit in die Astronomie eingreifen werde, als die Mechanik bisher gethan hat. Alsdann wird man genöthiget werden, die äuszere Bewegung als ein Product der innern Kräfte zu betrachten, und die ganze Naturwissenschaft wird sich in eine Kosmogenie endigen. Sie werden noch mehr von dieser Hoffnung hingerissen werden, wenn ich Ihnen die grosze *Ritter*'sche Entdeckung dargestellt haben werde, dasz es in jeder Naturoperation bestimmte, periodische Abwechselungen, sowohl im Kleinen, als im Groszen gebe: eine Entdeckung, die uns lehren wird, manchen Seherblick in die verflossene Zeit und die noch verhüllte Zukunft zu werfen.

So sehr hat die Chemie ihren Umfang erweitert, sie hat nicht weniger an innerem Zusammenhange und Festigkeit gewonnen. Die so genannten chemischen Verwandtschaften oder Anziehungen, diese *qualitates occultae*, worauf die Verbrennung, so wie alle chemische Wirkungen beruheten, lösen sich nun in Kräfte auf, welche wir durch Versuche in ein freies Spiel zu setzen, und sie dadurch kennen zu lernen, vermögen. Der Gegensatz zwischen dem Verbrennungs- und Reductionsprocesse wird nun auf diese Weise auch weit faszlicher, indem wir sehen, dasz sie auf einem Uebergewichte zweier einander entgegengesetzten Kräfte beruhen. Das, was wir vorher Neutralisation nannten, ist uns nun kein Geheimnisz mehr, da wir wissen, dasz sie auf dem Gleichgewichte eben dieser entgegengesetzten Kräfte beruht, nur unter einer andern Form. Aber

das, was besonders der Chemie eine gröszere Festigkeit und Vollendung verspricht, ist dieses, dasz alles Fragen nach Elementen aufhöret. Dieses ist von der gröszten Wichtigkeit. So lange die Chemie nur die Lehre von den Bestandtheilen der Körper war, so konnte man nicht anders als nach den letzten von diesen, nämlich nach denjenigen, welche selbst keine Bestandtheile haben, den Grundbestandtheilen, Elementen, fragen. Wann aber kann man dann wissen, dasz man die Grundbestandtheile erreicht habe, welche zu zertrennen der Kunst künftiger Zeiten nie gelingen werde? Oder, wie würde man sich wohl davon überzeugen, dasz man wirklich sie alle vollständig aufgerechnet hätte? Beruhet hingegen alles auf gewissen Grundkräften, und den Formen, worin diese sich äuszern, so musz man das Princip dieser Formen finden und zeigen können, welche und wie viele möglich sind, etwa nach dem Muster, das *Schelling* uns gegeben hat, dadurch, dasz er sie nach den drei Dimensionen im Raume darstellt.

Ich fühle, dasz ich eher Ihr Misztrauen zu befürchten habe, indem ich Ihnen so viel von den neueren Fortschritten verspreche, als Mangel an Aufmerksamkeit, weil der Gegenstand zu geringfügig scheinen möchte. Ich hoffe aber, Sie werden nicht aus dem Gesichte verlieren, dasz jede grosze Epoche in der Geschichte mit Entdeckungen bezeichnet gewesen ist, die dem von der Neuheit geblendeten Auge alle ältere zu verschlingen schienen. Ich darf wohl auch voraussetzen, es werde Ihrer Aufmerksamkeit nicht entgangen seyn, dasz die Fortschritte der Wissenschaft immer mit zunehmender Geschwindigkeit geschehen müssen, wenn keine Unterbrechung von auszen Statt findet; denn wer weisz nicht, dasz mit jeder neuen Entdeckung die Mittel, andere zu machen, vermehrt werden, dasz mit dem Steigen der Wissenschaft die Anzahl der Beförderer derselben zunehme, und dadurch ihr Eifer erhöhet werde? Bedürfte diese Behauptung von dem Wachsthume der Wissenschaft noch einer Aufklärung, so würde sie leicht in einer ganz oberflächlichen Uebersicht der Geschichte der Wissenschaft gefunden werden können. Ihr erster Gegenstand waren die schwersten, härtesten, unveränderlichsten aller Körper, so zu sagen, die materielleste Materie. Die phlogistische Theorie hielt sich noch an die feste Masse, doch setzte sie einen feinen Stoff voraus, wovon Viele glaubten, dasz er unsern Sinnen unmerklich wäre.

Die antiphlogistische Theorie, welche mit Recht die pneuma-

tische genannt wird, hatte am meisten die Untersuchung der Luftarten zum Gegenstande, weswegen sie mit vieler Bestimmtheit noch unwägbare Stoffe annahm, und sogar die Bewegungsgesetze einiger derselben bestimmte. Nach der dynamischen endlich ist die Materie nur ein Product von Grundkräften, deren Gesetze sie zu entdecken strebt. Also hat die Wissenschaft von dieser Seite die äuszerste Gränze erreicht, wohin Erfahrungsuntersuchungen zu dringen vermögen.

Sie erlauben mir noch, ehe ich diese Materie verlasse, eine Vergleichung zwischen der Geschichte der Chemie und der Astronomie. Ein Jeder weisz, dasz man vor *Copernicus* sich die Bewegung der Weltkörper so vorstellte, wie sie einem Beschauer auf der Erde vorkommt. Diesem gelang es hingegen, den Beschauern des Himmels zu zeigen, dasz sie sich bisher von einem Scheine hätten bethören lassen, und dasz das nur zum Umkreise gehörte, was sie für den Mittelpunkt gehalten hatten. Dessen ungeachtet hatte ihre Arbeit doch Dauer. Nicht nur ihre Beobachtungen wurden von den Nachfolgern benutzt, sondern auch die Form, in welcher sie sie überliefert hatten, konnte man mit Recht behalten, und man schuf daraus die sphärische Astronomie. Durch diese Einleitung, wodurch der menschliche Geist zu einiger Einsicht in das wahre Gebäude der Welt geführt war, musz noch jeder einzelne Wiszbegierige sich den Weg zu Urania's Heiligthum bahnen. Es scheint mir, dasz die Chemie einen ähnlichen Gang genommen habe. So lange man die chemische Wechselwirkung für die Verbindung oder Trennung der Bestandtheile annahm, so lange hielt man sich an den Schein, gleich den Beschauern des Himmels vor *Copernicus*. Aber diese Ueberschauung der Oberfläche ist nothwendig, ehe wir ins Innere eindringen können. Die Vorzeit hat uns also eine Elementarchemie geliefert, welche wir treulich benutzen wollen, um durch Hülfe derselben in eine höhere Chemie einzudringen.

Ich hoffe, dasz diese wenigen Betrachtungen hinreichend seyn werden, um Sie zu überzeugen, dasz die Veränderungen der Chemie nicht in einem Bestreben ohne Zweck zwischen zwei entgegengesetzten Punkten bestanden haben; sondern, dasz die Geschichte derselben eine wahre Entwickelung von dem ersten Keime an bis zu einer völligen Organisation sey, welche jeden Tag noch neue Zweige hervorschieszt, und nie aufhören wird, neue Früchte zu tragen, so lange die Natur, worin ihre Wurzel gepflanzt ist, unerschöpflich ihr neue Nahrungssäfte zuführt.

Dasz dieser Gang der Entwickelung nicht zufällig war, sondern nach nothwendigen Gesetzen vor sich ging, das liegt eigentlich schon in dem nun zurückgelegten Theile unserer Untersuchung. Ich kann mich daher in der Entwickelung dieses Gegenstandes um so viel kürzer fassen. Es liegt gänzlich in der Natur der Sache, dasz eine Kenntnisz immer den Keim zu der andern enthält, dasz dieses für den Philosophen hinreichend seyn musz, einen nach nothwendigen Gesetzen vor sich gehenden Entwickelungs-Gang anzunehmen; aber, da wir hier eben den durch eine unbestimmte Erfahrung veranlaszten Zweifeln entgegnen wollen, so müssen wir die Theile derselben unter einem schärfern Blick vereinigen, um eine vollendetere Erfahrung die schreckenden Träume der unreifen vernichten zu lassen.

Die Chemie ist auf dem Grunde der Erfahrung aufgewachsen. Unzählige chemische Erscheinungen umringten den Menschen unter so mannigfaltigen Formen, dasz selbst das schärfste Auge nicht gleich den innern Zusammenhang derselben entdecken konnte. Man fing an, die Aehnlichkeit zwischen einigen von diesen Erscheinungen, zwischen gewissen Körpern, die vieles mit einander gemein hatten, zu finden. Aber alle die chemischen Naturbegebenheiten, so verschieden sie, wie die Salzauflösung, Gährung, Verbrennung, das Verkalken der Metalle, das Athemholen von einander sind, unter einen Gesichtspunkt zu vereinigen: das ist nur nach unzähligen Erfahrungen, welche nur eine Reihe von Jahrhunderten zu sammeln vermochte, möglich. Man muszte natürlich zuerst in den Körpern, welche durch chemische Kräfte am wenigsten gestört wurden, bestimmte Gesetze entdecken. Diese Eigenschaft haben die Metalle. Sie verändern zwar ihre Form durch diejenigen Wirkungsmittel, welche mit mehr oder weniger Heftigkeit eine Verbrennung bewirken können; sie können aber auch sehr leicht ihren alten Glanz und Zusammenhang wieder erhalten, und aufs neue aus ihrer Asche hervorkommen. Es ist daher natürlich, dasz die erste Spur einer chemischen Theorie sich durch die Metalle entwickelte. Metalle, und besonders das edelste unter allen, hervorzubringen, muszte damals das grosze Problem der Chemie seyn. Ein radikales Auflösungsmittel zu finden, ein Auflösungsmittel, das diese sonst unzerstörbaren Körper in ihre Grundbestandtheile auflösen konnte, muszte nothwendig in der genau-

esten Verbindung damit stehen. Hätte man dieses Problem wirklich aufgelöset, so hätte man die geheimsten Kräfte der Natur in freies Spiel gesetzt, und man hätte also auch das Mittel wider alle Krankheiten in Händen. Man musz gestehen, dasz sie herrlich einsahen, zu welchem Ziele ihre Bemühungen führen müszten, wenn sie eine Vollendung erreichen sollten, und man kann nicht umhin, den scharfen Blick, welcher so genau die absolute Gränze der Bahn sah, und die Geistesstärke, mit welcher man sich ein so entferntes Ziel festsetzte, zu bewundern.

Wenn man gleich nicht zu einem philosophisch klaren Bewusztseyn alles dessen gelangte, was zu dem groszen Ziele, das man dieser Wissenschaft gesetzt hatte, erfordert wurde, nämlich die ganze übrige Natur zu kennen, so fühlte man doch die Nothwendigkeit, unzählige nicht metallische Materien mit in die Untersuchung zu ziehen. Man legte auf diese Weise nach und nach den Grund zur Erweiterung der Chemie, und endigte mit der Einsicht, dasz die Verbindungen und Trennungen aller Körper Gegenstände der nämlichen Wissenschaft wären, als die der Metalle. Vorzüglich muszte man sich mehr und mehr bemühen, die Gesetze zu entdecken, nach welchen die Metalle unter gewissen Umständen ihren Glanz und ihre metallische Natur verlieren, unter andern sie wieder annehmen; das ist: man muszte endlich in den Versuchen mit den Metallen einen Theil der Verbrennungstheorie finden. Auf diesem Wege war es auch, dasz die phlogistische Theorie, von deren Verdiensten ich Ihnen, wie ich glaube eine klare Vorstellung gegeben habe, wirklich gefunden wurde.

Um einen Unterschied zwischen verschiedenen Luftarten zu machen, wird noch mehr erfordert als zwei Metalle oder andere feste Körper zu unterscheiden; denn durch das Auge können wir keine Ungleichheit zwischen ihnen finden, auch nicht durchs Gefühl, sogar selten durch den Geruch. Man konnte sie also nicht unmittelbar durch die Sinne, sondern nur dadurch unterscheiden, dasz man ihre Verhältnisse zu andern Körpern bemerkte. Auszerdem wurde noch vieles Andere zu ihrer Behandlung erfordert, besonders setzten das Wägen und Messen, auszer vielen Kenntnissen, auch die feinsten Werkzeuge voraus. Eine vollständige Kenntnisz von den Luftarten konnte daher nur die Frucht einer längern Untersuchung seyn, und nicht in den frühern Perioden vorkommen.

Aber die ganze antiphlogistische Theorie ist ja auf die Lehre von den Luftarten gegründet, sie konnte daher nicht ohne diese entdeckt, oder doch systematisch ausgeführt und vollendet werden, eben so wenig als sie ausbleiben konnte, wenn man die Luftarten richtig kannte.

Je mannigfaltiger die Körper sind, welche wir kennen, desto kunstreicher verstehen wir die Naturbegebenheiten nachzuahmen, desto mehr lernen wir sie auf eine Einheit zurück zu führen, desto weniger lassen wir uns mit dem bloszen Scheine begnügen. Ins Innerste der Körper hineinzudringen, die einfachsten Naturkräfte zu entdecken, musz daher ein Werk des reifesten Alters der Wissenschaft seyn. Zwar siehet der Mensch schon, sobald er das Auge öffnet, hie und da freie Aeuszerungen der innersten Kräfte der Natur, aber sie stehen vor ihm als Wunder da, von der ganzen übrigen Natur getrennt. *Thales* konnte zwar in geriebenem Bernstein die Electricität sehen, er konnte aber nicht daraus den Schlusz ziehen, dasz es eine allgemeine Naturkraft wäre. Er muszte sie als eine Kraft betrachten, die dieser Materie eigen wäre, da die meisten Körper sie ohne eine sorgfältigere Untersuchung, dadurch, dasz sie in gewisse Umstände versetzt werden, deren Natur damals nicht bekannt war, nicht äuzern. Sobald man anfing mit mehr Eifer die experimentale Untersuchungskunst zu treiben, so fand man dieselbe Kraft in vielen andern Körpern wieder, doch gab es aber eine ganze grosze Klasse von Körpern, worin sie nicht gefunden wurde, und die daher für ganz unelectrisch gehalten wurden. Nun entdeckte man, dasz einige Körper schneller die Electricität durch sich hindurch wirken lassen als andere, und dasz also ein Körper viele Electricität hervorbringen könne, ohne es merken zu lassen, weil er sie nicht behält. Man erfand also nun die Kunst, durch gute Leiter die Electricität aufzunehmen, durch schlechte den Gang derselben zu hemmen, und man lernte bald die electrische Wirkung bis zu einem bisher unerhörten Grade zu verstärken. Erst nach diesem allen wurde es möglich für *Franklin*'s Genie, gründlich zu zeigen, dasz die verschiednen Arten von Electricität sich zu einander verhielten, wie entgegengesetzte Kräfte. Man konnte nun die electrischen Wirkungen berechnen, und so ward es *Volta* möglich, durch eine Kette von Schlüssen, das Werkzeug zu entdecken, welches die schwachen Electricitäten so vielfach verstärkt darstellt, dasz man da Electricität entdecken, ja selbst

ihre Grösze messen konnte, wo man sie vorher nicht geahndet hatte. Erst dann war man im Stande, mit vollendeter Bestimmtheit zu zeigen, dasz Körper durch Berührung Electricität geben, und dasz in dieser Hervorbringung bestimmte Gesetze herrschen. Hierauf gründete sich die Verstärkung der Berührungselectricität, und hierauf der Uebergang von der materialistischen Chemie zu der dynamischen.

Sie werden sicher nicht von mir verlangen, dasz ich auf diese Weise von allen den vielfachen Anfangspunkten unserer Wissenschaft ausgehen, und alle die Wege, die endlich in einem Punkte zusammenstoszen, durchlaufen sollte. Ein solches Unternehmen würde uns hier zu weit führen. Ich sehe aber eine sehr natürliche Einwendung voraus, und dieser musz ich begegnen. Ich behaupte, dasz ein jeder Schritt in dem Gange der Wissenschaft von dem vorhergehenden nothwendig gemacht worden sey, und selbst einen folgenden nothwendig mache. Obgleich Sie vielleicht darin mit mir einig seyn werden, dasz dies der natürliche Gang der Sache sey, so könnten Sie doch zugleich einwenden, dasz von diesem Gange sehr beträchtliche Abweichungen geschehen könnten, indem die Speculation vor der Erfahrung voraus eilen, das Genie durch Hülfe schwächerer Spuren das entdecken könnte, wozu man sonst hundertjährige Erfahrungen gebrauchte. Eben so wäre es ja möglich, dasz ein Zufall uns eher Naturbegebenheiten vor die Augen bringen könnte, die wir auf gewöhnlichem Wege erst nach vielen Jahrhunderten entdeckt hätten. Sie könnten mir die Entdeckung des Galvanismus anführen, welche geradezu auf einem Zufall beruhete. Ich antworte hierauf, dasz, so interessant auch die Entdeckung des *Galvani* seyn mag, so wenig würde sie doch in einer frühern Periode in die Chemie eingegriffen haben. Hätte man damals nicht die Electricität gekannt, hätte man nicht gewuszt, die Metalle nach ihrer Brennbarkeit zu ordnen, welches viele chemische Einsichten voraussetzt, so würde *Galvani's* Entdeckung, wenn sie auch gemacht worden wäre, doch nur als ein einsames Wunder da gestanden haben, ohne eine Umwälzung in der Wissenschaft bewirkt zu haben. Hätte *Volta* nicht schon damals entdeckt, wie man schwache Electricitätsgrade kenntlich machen könnte, so hätte man kaum einmal darthun können, dasz in der Electricität und dem Galvanism die nämliche Grundkraft wäre. Kurz, der Galvanismus hätte wohl entdeckt seyn können, er hätte aber als ein unerklärbares Wunder unter andern Sonderbarkeiten gestanden, so wie

der thierische Magnetismus zum Theil noch stehet. Gesetzt auch, dasz ein Mann von groszem Genie eine solche Entdeckung ergriffe, sie durch alle die schwachen Spuren verfolgte, worin das schärfere Auge den Zusammenhang derselben mit dem Ganzen sehen könnte, so würde er doch in die allgemeine Gedankenmasse nicht eingreifen. Man sieht z. B. sehr deutlich in *Ritter's* frühern Schriften, dasz er selbst vor der Entdeckung der electrischen Säule daran dachte, eine neue Chemie aus galvanischen Elementen zu schaffen, er würde aber ohne Zweifel grosze Hindernisse gefunden haben, wenn nicht jene Entdeckung ihm die Arbeit erleichtert hätte, und wenn er auch, wie ich glaube, sein vorgesetztes Werk vollendet hätte, so würde es, gegründet auf so feine Experimente, nur höchstens ein Paar ausgezeichnete Geister gewonnen haben, ohne eine grosze in den Gang der Wissenschaft eingreifende Wirkung zu haben. Wir sehen davon einen auffallenden Beweis in der ältern Geschichte der Chemie. Hatte nicht *Mayov,*[1] hundert Jahre früher als *Lavoisier,* die pneumatische Theorie entdeckt, und dafür Beweise geführt, die uns nun überaus klar scheinen? Hatte er nicht seine Entdeckungen in einer Sprache beschrieben, die von der ganzen gelehrten Welt gelesen werden konnte? Und wurde dessenungeachtet seine Theorie nicht vergessen, bis man, nach *Lavoisier,* sie wieder aus dem Staube der Bibliotheken aufgrub? Es bleibt eine ewige, herrliche Wahrheit, dasz das Genie, in den heiligen Stunden der Begeisterung, weit über den engen Gesichtskreis des Zeitalters hinaussehen kann; es ist aber eben so gewisz, dasz je höher es über seinen Zeitgenossen steht, desto schwieriger es für dasselbe sey, sie zu sich hinauf zu ziehen.

Sie sehen leicht, dasz ich weit entfernt bin, den Einflusz des Genies auf ein Zeitalter oder auf ein Land läugnen zu wollen; ich behaupte aber nur, dasz es nicht auf das Ganze wirken kann, ohne dasz es das Glied hervorbringt, das sich zu dem letzten in der schon zusammenhangenden Kette paszt. Es war daher eben so unmöglich, dasz *Mayov's* Zeitalter die pneumatische Theorie annehmen konnte, als es *Lavoisier's* Zeitalter unmöglich war, sie nicht, entweder durch ihn, oder durch einen andern Mann von hellem Kopfe, zu erfinden. Ein Genie, das weit über das aufgestellte Ziel hinausgehet, kann zwar ein Wunder seines Zeitalters, eine Bewunderung der Nachwelt seyn, es spielt aber keine wichtige Rolle in der Geschichte des

[1] [ɔ: Mayow].

menschlichen Geistes. Daher fürchte ich sehr, dasz *Winterl* nicht tief in sein Zeitalter eingreifen werde. Sein Genie hat er durch den groszen Blick und den innern Zusammenhang in seinem System an den Tag gelegt. Er wird auch da Einflusz haben, wo er so genialisch in die galvanischen Entdeckungen eingriff, ehe die Säule entdeckt wurde, und durch das Glück, welches er darin gehabt hat, das *Berthollet*, nach ihm, manches seinen Entdeckungen Aehnliches gefunden hat. Er würde aber eine wichtigere Epoche gemacht haben, wenn er eine einzige Reihe von den Versuchen über Andronia mit der Deutlichkeit eines *Lavoisier's* ausgeführt hätte, als nun, da alle vor dem ungeheuern Kolosz, den sein Genie hervorgebracht hat, zurückgescheucht werden. Sie müssen aber hier wieder auf eine neue Gesetzmäszigkeit aufmerksam werden. Es ist nämlich einleuchtend, dasz *Winterl* nie ein so groszes System hervorgebracht haben könnte, wenn er sich ins gröszte Detail hätte einlassen wollen. Es kommt auch nicht auf einen Mann, sondern auf das Zeitalter an, ob sein groszes Werk die erwünschte Prüfung und Läuterung finden werde.

Wenn es noch eines Beispiels von der Gesetzmäszigkeit im Fortschreiten der Wissenschaft bedürfte, so würde ich Ihnen das anführen, dasz *Newton* und *Leibnitz* beide zu einer Zeit die Differenzial- und Integralrechnung erfanden. Die Lehre von der Bewegung war zu der Vollkommenheit gelangt, dasz diese Rechnungsart, die so vorzüglich dazu dienlich ist, den innern Mechanismus derselben auszudrücken, entdeckt werden muszte; die Philosophie forderte eine unendliche Entfaltung der Zeit und des Raumes, die Mathematik hatte sich in endlichen Formeln erschöpft, und nun wurden auf einmal zwei ausgezeichnete Männer angetrieben, nach einem und demselben Ziele zu streben.

Aber indem wir uns freueten und dabei trösteten, dasz wir in der Wissenschaft eine ewige Wahrheit, in der Entwickelung derselben ein unverbrüchliches Gesetz gefunden hätten, so stieszen wir doch auf ein sonderbares Ueberschreiten von einem Irrthume zu einem andern entgegengesetzten, und hierin fanden wir eine Quelle zum Streit, welchen man hätte vermeiden können, wenn man gleich den wahren Punkt des Gleichgewichts getroffen hätte. Dieses scheint zwar bei dem ersten Anblicke eine Ausnahme von dem Fortschreiten zu seyn, welches wir als Gesetz für die Entwickelung des menschlichen Geistes aufstellen zu können glaubten; aber näher betrachtet,

würde dieses nur dann eine Einwendung gegen uns seyn, wenn wir annähmen, dasz diese Entwickelung in einer geraden Linie geschehen wäre. Wir haben dagegen nur angenommen, dasz eine Entwickelung Statt findet, und es einer genauern Untersuchung überlassen, unter welcher Form diese vorgieng. Es liegt gänzlich in der Natur des menschlichen Geistes, in abwechselnden Erweiterungen und Zusammenziehungen zu wirken. Dies hier tiefer zu begründen, würde uns über unsere Gränzen führen; wir wollen es daher damit begnügen lassen, dieses Gesetz durch Erfahrungen anschaulich zu machen. Die Wirksamkeit unsers Geistes theilt sich in zwei Verrichtungen: zu schaffen, und zu bilden. Diese können nicht gänzlich von einander getrennt seyn, selten sind sie aber doch so zusammengeschmolzen, dasz nicht entweder die hervorbringende Kraft oder das ordnende Denken darin die Uebermacht hätte. Ein jeder braucht sich nur dessen zu erinnern, was zu verschiedenen Zeiten in ihm selbst vorgegangen ist. Keinem, der zu denken gewohnt ist, kann es entgangen seyn, dasz zuweilen Ideen so mächtig aus seiner innern schöpferischen Kraft entsprungen sind; dasz er sich in eine selige Beschauung derselben verlor, weit entfernt, zu versuchen, sie unter bestimmte Formen zu bringen. Zwar hatten die Ideen schon in ihrem Ursprunge eine Form, und oft die vortrefflichste; oft aber hatte doch auch etwas Einschränkendes von der Individualität sich eingeschlichen, welches die reine Klarheit der Bilder zerstörte; noch öfter hatte der Strom der Begeisterung sich über alle Gränzen verbreitet. In ruhigen Stunden tritt nun der ordnende Verstand in seine völlige Wirksamkeit, schneidet weg, ordnet, verbindet, und stellt endlich das hervorgebrachte Geschöpf in seiner reinen himmlischen Gestalt dar. Daher ist das Leben, selbst bei den genievollesten Männern, zwischen Begeisterung und Nachdenken getheilt, ohne deren Vereinigung nie das Vollendete hervorkäme. Die Stunden der Hervorbringung nenne ich nun die erweiternden, die des Verstandes die einschränkenden; und ähnliche Perioden giebt es, wie ich glaube, in der Geschichte der Wissenschaft. Es giebt Zeiten, die reich an Erfindungen sind, wo eine Schaar von groszen Köpfen, gleichsam als wäre es verabredet, hervorkommen, und alle Wissenschaften mit groszen Entdeckungen anfüllen. In groszen Massen werden sie von den hellern Köpfen des Zeitalters aufgenommen, während die mehr eingeschränkten sich denselben widersetzen. Nun tritt wieder

eine ruhigere Periode ein, da die groszen Ideen der ersteren geläutert, geordnet und bestimmt werden. Diese Bemühung dient anfänglich zur Organisation des angefangenen Geschöpfes; endlich aber geht die Bestimmtheit so weit, dasz sie alles Leben tödtet, und die Wissenschaft zu einer Versteinerung umwandeln würde, wenn dann nicht wieder aufs neue Genien entständen, die wiederum das ausgelöschte Feuer anzündeten; und es scheint, als wenn es der Schreck vor diesem allgemeinen Tode wäre, der am kräftigsten die schlummernde Schöpferkraft weckte. So gehet die ganze Geschichte hindurch eine schaffende und eine ordnende, oder eine erweiternde und einschränkende Kraft, deren Gesetz es ohne Zweifel ist, dasz die eine abnehmen musz, so wie die andere zunimmt. Sie können daher nicht anders als in einem beständigen Kampfe seyn, und durch ihre gewaltigen Zusammenstösze in Krieg verwickelt werden. — Dieser könnte zwar bei dem ersten Anblick dem Fortgange des menschlichen Geistes gefährlich scheinen; bestehet aber nicht unser eigenes körperliches Leben durch einen Kampf zweier entgegengesetzten Kräfte? Kann das geistige Leben sich in seiner endlichen Gestalt wohl auf eine andere Weise äuszern? Es ist ein Gesetz der materiellen Natur, dasz eine der entgegengesetzten Kräfte immer die andere erweckt; so auch in der geistigen Natur. Jeder Zweifel, jeder Widerspruch gegen die Wahrheit erweckt eine Vertheidigung, und setzt sie in ein helleres Licht. Selbst die Kräfte, welche von dem eingeschränkten Haufen angewendet werden, um das Fortschreiten der Wissenschaft zu verhindern, dienen nur dazu, die Kräfte, welche sie vertheidigen sollen, zu einem desto höhern Grade zu erheben. Es ist also nicht blosz der Kampf, der zwischen den groszen Geistern verschiedener Zeiten bestehet, selbst die geringen Bemühungen der Bösen sind Glieder der groszen Kette. Nur müssen wir ihnen selbst überlassen, die Wahl zu vertheidigen, wodurch sie eine so schlechte Rolle übernommen haben.

So viel ist gewisz, dasz nichts geschickter ist, einen Geist zu bilden, der einer groszen Entwickelung fähig ist, als unter groszen wissenschaftlichen Umwälzungen zu leben, und daran Theil zu nehmen. Ich möchte daher Jedem, dem die Zeit nicht diesen Vortheil darböte, rathen, sich diesen durch Kunst zu verschaffen, ich meine, durch das Lesen von Schriften aus Zeitaltern, worin die Wissenschaften grosze Veränderungen erlitten haben. Schriften von den am meisten entgegengesetzten Systemen zu lesen, und aus

diesen die darin verborgene Wahrheit hervorzuziehen, sich Fragen nach entgegengesetzten Systemen beantworten, sich die Haupttheorien eines Systems in das andere übertragen, ist eine Uebung, die den Studirenden nicht genug empfohlen werden kann. Die möglichst gröszte Unabhängigkeit von der Einschränkung des Zeitalters würde sicher der Lohn dieser Arbeit seyn.

Durch ein solches Studium der Geschichte seiner eigenen Wissenschaft, erwirbt man sich eine Einsicht in die Entwickelung des ganzen menschlichen Geistes. Es ist nicht blosz die Chemie, es ist das ganze menschliche Wissen, welches immer, obgleich mit ungleicher Deutlichkeit, ins Wesen der Dinge eingegriffen, das sich unter einem immer erneuerten Kampfe beständig entwickelt hat, welcher sich doch in eine vollkommene Harmonie auflösete. Und es ist nicht blosz die Wissenschaft, nicht blosz die menschliche Natur, sondern es ist die ganze Natur, die sich nach diesen Gesetzen entwickelt. Man würde eine ganze Naturwissenschaft, und eine ganze Geschichte liefern, wenn man dieses in seinem ganzen Umfange zeigen wollte. Ich musz mich daher hier, so wie in dem Vorhergehenden, mit der simpeln Darstellung einer einzelnen Anschauung begnügen. Die Entwickelung der Erde scheint mir dazu die angemessenste zu seyn. Wir sind im Stande ins Dunkel hineinzudringen, das die Geschichte unsers Erdballs verhüllt, indem wir in seinen Schoosz hineindringen, und die tiefern Schichten mit den ältern und neuern vergleichen. Wir lernen durch die Untersuchung dieser Schichten und der versteinerten, oder der entformten Geschöpfe, die darin gefunden werden, dasz der Erdball mit ungeheuern erzeugenden Kräften, aber in wenig bestimmten Richtungen angefangen habe. Durch abwechselnde Erweiterungen und Zusammenziehungen hat er nach und nach seine frühern Geschöpfe getödtet und begraben, um der gegenwärtigen Kette der Geschöpfe, mit dem Menschen an der Spitze, Platz zu machen. Es ist einem jeden uneingenommenen Naturbetrachter deutlich, dasz die zeugenden und bildenden Kräfte abgewechselt haben, doch mit einem beständig zunehmenden Uebergewichte der bildenden, und dasz die Erde erst nach vielen Kämpfen den Entwickelungspunkt erreicht hat, worauf sie gegenwärtig steht. Kurz die Entwickelung der Erde war eben so wie die des menschlichen Geistes.

Diese Uebereinstimmung zwischen Natur und Geist ist wohl schwerlich zufällig. Je weiter wir vorwärts schreiten, desto voll-

kommener werden Sie sie finden, und desto leichter werden Sie mit mir annehmen, dasz beide Naturen Keime einer gemeinschaftlichen Wurzel sind. Ich hoffe wenigstens hiedurch viele von Ihnen auf einen reichen Stoff zum weitern Nachdenken, aufmerksam gemacht zu haben. Sie werden leicht einsehen, dasz diese Winke nicht ohne Zusammenhang mit unserm Gegenstande sind. Wir haben einen Blick in eine höhere Physik geworfen, worin die Entwickelung der Wissenschaft, nebst allen scheinbaren Widersprüchen derselben, selbst zur Naturlehre gehört. Sie zeigt uns, dasz alles in dem groszen Ganzen aus einer gemeinschaftlichen Wurzel hervorgewachsen sey, und zu einem gemeinschaftlichen Leben entwickelt werden solle. Aber, wo etwas seyn, wirken und wachsen soll, da müssen die Kräfte aus dem reinen Gleichgewichte getreten seyn und Kampf musz angefangen haben. Eine Kraft musz gesiegt haben, aber nur auf eine gewisse Zeit. Eine andere musz darauf das Uebergewicht bekommen haben, aber auch diese hat weichen müssen, wenn sie ihr Product hervorgebracht hatte und drohete, weiter zu gehen, und das Uebrige zu zerstören. Während alles in dem groszen Ganzen so bis zum letzten Gliede zwischen Hasz und Liebe abwechselt, während der Forscher selbst an diesem Wechsel Theil nehmen musz, indem seine eigenen menschlichen Leidenschaften selbst durch die äuszere Einwirkung der Natur in Bewegung gesetzt werden, so kann er doch, wenn er nur sein Auge auf die feste Einheit richtet, in diesem Wirbel eine Sicherheit und Ruhe, ja ich wage es zu sagen, eine Seligkeit behalten, die keine Macht in der Welt zu vernichten vermag.

UEBER DIE KLANGFIGUREN

VOM PROF. OERSTEDT

(AUS EINEM SCHREIBEN AN DEN HERAUSGEBER)

(JOURNAL FUER DIE CHEMIE UND PHYSIK. HERAUSGEGEBEN VON A. F. GEHLEN. BD. 3. P. 544—545. BERLIN 1807)

Für Ihr Journal habe ich jetzt eine Abhandl. beinahe fertig, worin ich meine Entdeckungen über die Klangfiguren, wovon ich in *Voigt's* Magazin Bd. 9. S. 31. und in Ihrem N. allg. Journ. d. Chem. B. 6. schon gesprochen, weiter ausgeführt habe. Ich habe mich jetzt durch die bestimmtesten Ausmessungen überzeugt, dasz

überall, wo *Chladni* triangulaire oscillirende Räume annimmt, und die Staublinien als sich kreutzend angiebt, lauter Hyperbolen Statt finden; so, dasz also die Figur, welche *Chladni* als zwei sich kreutzende Diagonalen eines Quadrats darstellt ⊠, eigentlich aus zwei vollständigen Hyperbolen, deren Axen sich kreutzen, besteht ⊠.

Eine vierzöllige Quadratscheibe, die in 1600 kleine Quadrate eingetheilt ist, hat mir zu den Ausmessungen, doch nicht ohne Hülfe anderer Kunstgriffe, gedient. In der physikalischen Erklärung des Phänomens bin ich hiedurch sehr viel weiter gekommen, nur würde die Entwickelung derselben einen Brief zu weit ausdehnen. Es wundert mich nicht, dasz *Chladni*, dessen Verdienste um die Physik der Töne ihm einen dauernden Platz in der Geschichte der Wissenschaft erwerben werden, dieses wahre Verhältnisz übersehen hat. Ich habe es auch erst durch das Lycopodium entdeckt; mit Sand zeigt es sich nicht so deutlich. Zwar kann man jetzt auch im Sande die wahre Figur immer finden; aber je stärker der Strich mit dem Bogen geschieht, und je dünner die Scheibe wird, desto spitziger werden die Hyperbolen, und sind daher um so viel leichter mit Linien, die sich unter einem Winkel schneiden, zu verwechseln, je gröszer die Fertigkeit des Experimentators ist. Die kleinen Staubhügel, wovon ich in den frühern Anzeigen gesprochen, kommen immer mit der gröszten Regelmäszigkeit vor. Ihre Entstehung und Bewegung wird jeden Beobachter überzeugen, dasz jede Totaloscillation einer Scheibe oder einer Saite aus unzählbaren in einander greifenden Partialoscillationen zusammengesetzt ist, und zugleich wird man sich zu der Annahme genöthigt finden, dasz diese Partialoscillationen an Schnelligkeit zunehmen, in dem Grade, wie sie sich den ruhenden Punkten nähern. Mit Hülfe dieser Versuche beweise ich, dasz die gröstze innere Zitterung mit der kleinsten äuszern zusammenfällt, also in den sogenannten ruhenden Punkten Statt findet. Hiedurch erkläre ich, wie sich die Oscillationen durch die ruhenden Punkte fortpflanzen können. Endlich gebe ich auch einen Beitrag zur Theorie der Anziehung, welche ich in diesen Versuchen zwischen dem Staube und der Scheibe bemerkt habe.

OERSTED UEBER SIMON'S (VOLTA'S) NEUES GESETZ FUER ELECTRISCHE ATMOSPHAEREN-WIRKUNG

AUS EINEM SCHREIBEN AN J. W. RITTER

(JOURNAL FUER DIE CHÉMIE, PHYSIK UND MINERALOGIE. HERAUSGEGEBEN VON A. F. GEHLEN. BD. 7. P. 374–375. BERLIN 1808)

Kopenhagen, den 3. Sept., 1808.

Der Druck meines Lehrbuchs der Physik, welches bei der Belagerung mit verbrannte, ist jetzt wieder angefangen, und geht rasch fort. —

Simon's Entdeckung, dasz die Electricität sich nach dem umgekehrten Verhältnisz der Entfernungen, nicht der Quadrate derselben, verbreite, hatte ich vor einem Jahre ebenfalls gemacht, aber auf einem anderen Wege. Ich werde nächstens eine Abhandlung darüber liefern, in der ich mich aber nicht so sehr mit dieser Entdeckung, als mehr mit einigen Folgerungen daraus, beschäftigen werde. Die wichtigste von diesen ist, dasz die Electricität, welche von einem auf zwei, drei, vier, ꝛc., gleich grosze Körper verbreitet wird, im Verhältnisz der Quadrate dieser Zahlen geschwächt wird. Auch werde ich den Grund der Unrichtigkeit des Coulomb'schen Electrometers aufdecken.

INDHOLDSFORTEGNELSE TIL 1. BIND

(VED TIDSSKRIFTSAFHANDLINGER ER TRYKKEAARET VEDFØJET, VED SELVSTÆNDIGT UDGIVNE TILLIGE UDGIVERSTEDET; NÆRMERE OPLYSNINGER OM OFFENTLIGGØRELSEN FINDES VED HVER AFHANDLING)

CONTENTS OF VOL. I

(FOR PAPERS FROM PERIODICALS IS GIVEN THE DATE, FOR OTHER PAPERS MOREOVER THE PLACE FOR THEIR PUBLICATION; FURTHER INFORMATION IS TO BE FOUND ATTACHED TO EACH PAPER)

